



Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy



Slovenská akadémia pôdohospodárskych vied

Zborník príspevkov z vedeckého seminára

**ENVIRONMENTÁLNE ASPEKTY ANALÝZY A HODNOTENIA
KRAJINY: IDENTIFIKÁCIA A STANOVENIE INDIKÁTOROV
(A INDEXOV) NA BÁZE PRIESKUMOV KRAJINY A ÚDAJOV
DPZ**



Bratislava 2008



**Výskumný ústav pôdoznanectva
a ochrany pôdy**

**Slovenská akadémia
pôdohospodárskych vied**

Zborník príspevkov z vedeckého seminára

**ENVIRONMENTÁLNE ASPEKTY ANALÝZY A HODNOTENIA
KRAJINY: IDENTIFIKÁCIA A STANOVENIE INDIKÁTOROV
(A INDEXOV) NA BÁZE PRIESKUMOV KRAJINY A ÚDAJOV
DPZ**

Vedecký seminár sa uskutočnil v rámci projektu: „Identifikácia indikátorov a environmentálnych hrozieb pre tvorbu komplexných stratégií v oblasti životného prostredia, pôdohospodárstva a rozvoja vidieka“ podporovaného Agentúrou na podporu vedy a výskumu na základe zmluvy č. APVV-0242-06 a v rámci aktivít Komisie Predsedníctva Slovenskej akadémie pôdohospodárskych vied pre ekológiu a krajinné inžinierstvo.

Bratislava 2008

ZBORNÍK z vedeckého seminára

**Environmentálne aspekty analýzy a hodnotenia krajiny: Identifikácia
a stanovenie indikátorov (a indexov) na báze prieskumov krajiny a údajov DPZ**

podporený *Agentúrou na podporu vedy a výskumu* na základe zmluvy č. APVV-0242-06 a
aktivitou *Komisie Predsedníctva Slovenskej akadémie pôdohospodárskych vied pre ekológiu
a krajinné inžinierstvo*.

Editori: Mgr. Martina Nováková, PhD., Ing. Michal Sviček, CSc.

Oponent: prof. Ing. Jozef Vilček, PhD.

© Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy Bratislava, 2008

ISBN 978-80-89128-50-1

Obsah

PREDSLOV	4
PRÍSPEVKY – PREZENTÁCIE	6
BURDA P., BIROŠOVÁ M., GLEVAŇÁK M., CHOMJAK P.: Indikácia náletov NDV v rôznych typoch krajiny s využitím ortofotomáp.....	8
DŽATKO M., SVIČEK, M.: Stručný úvod do počiatkov prieskumu krajiny na báze DPZ na VÚPOP.14	
GUŠTAFÍKOVÁ, T.: Využitie indikátorov materiálových tokov na makroekonomickej úrovni pri hodnotení využívania prírodných zdrojov.....	20
HUTÁR V., HALAS J.: Detekcia vybraných parametrov pôdy na základe interpretácie údajov diaľkového prieskumu zeme.....	26
KANIANSKA R.: Stanovenie agro-environmentálnych indikátorov v slovenskej republike podľa D-P-S-I-R štruktúry	30
LEPEŠKA T.: Atribúty krajiny vo vzťahu k jej hydrickým funkciám.....	36
MIDRIAK, R.: Spustnuté pôdy Slovenska ako indikátor neracionálneho využívania krajiny.....	46
OLAH B., GALLAY I, ORAVCOVÁ M.: Hodnotenie Druhotnej štruktúry krajiny s využitím krajinných indexov.....	54
PETROVIČ F., DAVID S., MOJSES M., GERHÁTOVÁ K., ŠOLOMEKOVÁ T., BUGÁR G.: Vplyv zmien krajinej štruktúry na diverzitu krajiny a biodiverzitu v katastri obce Koš (Horná Nitra).....	68
STANKOVIANSKY M.: Environmentálny dopad bahenných povodní	78
SVIČEK M., NOVÁKOVÁ M.: Stanovenie environmentálnych indexov pre územie SR na základe rámcových prieskumov.....	86
ZAUŠKOVÁ Ľ.: Krajinnookologická interpretácia a využitie výsledkov prieskumov krajiny pre jej optimálne využívanie.....	94
PRÍSPEVKY – POSTERY	102
HAMLÍKOVÁ Ľ.: Mapovanie priestorového rozšírenia zvýšenej erózie ornej pôdy identifikáciou širokoriadkových plodín metódou diaľkového prieskumu Zeme.....	104
MALIŠ J., PÁLKA B.: Potenciálne možnosti skúmania vplyvu mezoreliéfu na hydrofyzikálne vlastnosti pôdy.....	110
NOVÁKOVÁ M., HALAS J., SCHOLTZ P.: Vegetačný index NDVI ako indikátor detailnej priestorovej variability pôdných a produkčných vlastností krajiny.....	118
STANKOVÁ H., PIOVARČI M.: Družicové údaje a ich využitie.....	130

PREDSLOV

Vážené kolegyně, kolegovia, verejnosť,

do rúk sa Vám dostáva Zborník príspevkov, ktoré vo forme prednášok odzneli v rámci vedeckého seminára „Environmentálne aspekty analýzy a hodnotenia krajiny: Identifikácia a stanovenie indikátorov (a indexov) na báze prieskumov krajiny a údajov DPZ“, ktorý sa uskutočnil na Výskumnom ústave pôdoznalectva a ochrany pôdy v Bratislave dňa 19. novembra 2008.

Vedecký seminár organizoval Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy (VÚPOP) a Slovenská akadémia pôdohospodárskych vied (SAPV), reprezentovaná **Komisiou SAPV pre ekológiu a krajinné inžinierstvo** v rámci projektu: „*Identifikácia indikátorov a environmentálnych hrozieb pre tvorbu komplexných stratégií v oblasti životného prostredia, pôdohospodárstva a rozvoja vidieka*“ podporovaného Agentúrou na podporu vedy a výskumu na základe zmluvy č. APVV-0242-06.

Na podujatí odznelo celkom dvanásť prezentácií v troch tematických sekciách, súčasťou vedeckého seminára bola aj posterová sekcia a na záver sa konalo **zasadnutie Komisie SAPV pre ekológiu a krajinné inžinierstvo**.

Účasť na seminári možno hodnotiť vysoko pozitívne, zúčastnilo sa na ňom viac ako štyridsať účastníkov, pričom zastúpenie prezentujúcich bolo veľmi pestré - popri rezortných organizáciách MP SR (VÚPOP) a MŽP SR (SAŽP) boli zastúpené univerzity (TU Zvolen, UMB BB, PRF UK BA) a SAV (UKE SAV).

Odborná tematika environmentálnych indexov a využívanie údajov DPZ je v súlade so súčasnými trendmi vo výskume, vede, ale aj v praxi. Údaje DPZ sa využívajú pri monitorovaní a mapovaní krajiny, pôd a živelných pohrôm. Environmentálne indexy umožňujú hodnotiť krajiny a vytvárať informačné podklady na plánovanie a realizáciu opatrení smerujúcich k racionálnemu využívaniu krajiny.

Zaujímavým faktom prezentovaných príspevkov je aj skutočnosť, že problematika environmentálnych indexov je hodnotená z rôznych hľadísk, a to ako komplexných (krajinnoeekologický, ekonomický, socioekonomický pohľad), tak aj parciálnych (hodnotenie diverzity krajiny, hodnotenie vybraných funkcií a aspektov krajiny).

Na záver by sme radi upozornili na fakt, že v budúcnosti význam hodnotenia krajiny a javov prebiehajúcich v krajine vystúpi ešte viac do popredia a nemenej dôležitým bude využitie definovaných a stanovených environmentálnych indexov pre komplexné stratégie a ciele spoločnosti.

Ing. Michal Sviček, CSc.



PRÍSPEVKY – PREZENTÁCIE



INDIKÁCIA NÁLETOV NDV V RÔZNYCH TYPOCH KRAJINY S VYUŽITÍM ORTOFOTOMÁP

Peter Burda, Miroslava Birošová, Marek Glevaňák, Peter Chomjak

*Slovenská agentúra životného prostredia,
Centrum krajinného plánovania, prírodných a energetických zdrojov (SAŽP CKP)
Sabinovská 3, 08001 Prešov, e-mail: peter.burda@sazp.sk*

Abstrakt: Indikácia náletov NDV v rôznych typoch krajiny s využitím ortofotomáp.

Pri mapovaní súčasnej krajinej štruktúry je problémom stanoviť bývalé poľnohospodárske opúšťané plochy postupne zarastajúce vegetáciou. Indikácia týchto plôch a ich kvantitatívne charakteristiky je najspôhlivejšia s využitím ortofotomáp. Ich spracovanie a výstupy v rôznych mierkach, typoch územia a pri rozdielnej genéze predstavujú aj metodický a terminologický problém. Naše pracovisko, ktoré v tejto oblasti ma s aplikovaným mapovaním veľké skúsenosti, upozorňuje výskumno vývojovú oblasť na potrebu reagovať a riešiť tieto výzvy a navrhuje nasledovný prístup.

Kľúčové slová: krajina, súčasná krajinná štruktúra, proces zarastania, nálet drevín, sukcesia poľnohospodárstvo, lesohospodárstvo

Abstract: Non-forest woody plants self-seeding indication on different landscape types by aerial orthophoto images definition.

Problems of mapping the land cover include definition of abandoned surface area as former agriculture grasslands step by step growing up by shaggy processes of woody plants self-seeding. Plot indication and characteristics quantification of its definition by aerial orthophoto images seems most reliable.

Methodical and theoretical problems also represented processing of outputs on different scales, landscape type and genesis. Extensive experiences of our Centre on land cover mapping noticed to research and development institutions, to answer and solve these challenges and make a proposal next approach.

Key words: landscape, land cover, shaggy processes, woody plants self-seeding, succession, agriculture, forestry

ÚVOD

Problematika plôch postupne zarastajúcich vegetáciou na bývalých poľnohospodársky využívaných pozemkoch, kde sa uplatňujú prirodzené sukcesné procesy, patrí medzi najaktuálnejšie problémy medzirezortnej starostlivosti o krajinu. Ide spravidla o plochy, v minulosti obhospodarované s rôznou intenzitou, pričom príčiny opustenia sú rôzne od prírodno-produkčných faktorov, cez socioekonomicko-demografické, problematiku vlastníckych vzťahov a ich usporiadania až po problematiku ekonomických nástrojov, ktoré sa nepriamo premietajú do starostlivosti o krajinu a jej využívanie.

CHARAKTERISTIKA PROBLEMATIKY

V riešenej téme je možné rozlišovať odlišné prístupy z troch hlavných oblastí, a to:

- prírodovednej - najmä zameranie na starostlivosť o krajinu, ochranu prírody a biodiverzity, čo je metodologicky riešené najmä krajinným plánovaním, floristickým a geobotanickým mapovaním;
- poľnohospodárskej - najmä so zameraním na horské oblasti, na lúčnopasienkové hospodárenie, diverzifikovaný rozvoj vidieka, pričom problematika je metodologicky riešená najmä projektmi pozemkových úprav;
- lesohospodárskej – najmä so zameraním na drevinný charakter náletov, pričom zarastené plochy sú spravidla delimitované do lesnej pôdy a metodologicky sú ďalej riešené lesnými hospodárskymi plánmi.

Mapovanie a spôsob klasifikácie charakteristík týchto plôch v súčasnej krajinnej štruktúre nie sú stanovené, podobne ako terminológia. Je ich možné popísať ako nelesnú drevinovú vegetáciu (NDV), nelesnú stromovú a krovinatú vegetáciu (NSKV), lesokroviny (podľa mapovania CORINE), nálety drevín, iniciálne štádiá lesných porastov a pod. Vyjadrenie plochy predstavuje jej habitus, ale absentuje charakteristika jej štruktúry. Niekedy sa pripája charakteristika podľa biotopov Slovenska, inokedy sa použije len stručné spresnenie na listnaté, ihličnaté a zmiešané porasty.

Základné vymedzenie štruktúry je možné pomocou ortofotomáp, chýbajú však kritériá kategorizácie o ktorých náčrt sa pokúsime v tomto príspevku. Pri mapovaní v teréne v aplikovaných oblastiach nie je dostatok času na podrobné zmapovanie, pričom priechodnosť zarastajúcich plôch je často veľmi obtiažna, a zaznamenávajú sa skôr kvalitatívne znaky, preto využitie ortofotomáp je nevyhnutnosťou a optimálnym riešením.

Terminologické problémy a určenie pojmov prenecháme vedecko výskumným pracoviskám a budeme sa zaoberať len praktickou časťou problematiky.

Krajina

Z prírodovedného pohľadu ide o znižovanie druhovej diverzity, z pohľadu zmien a nahrádzania travinno-bylinných, prevažne lúčnych spoločenstiev, úbytkom výskytu mnohých druhov viazaných na tieto spoločenstvá. Krajinársky aspekt zastupujú zmeny v krajinnej štruktúre vplyvom sukcesných procesov na nevyužívaných plochách prevažne trávnych porastov, so vznikom iniciálnych štádií lesných spoločenstiev, ich rozširovanie, stratu mozaiky, až po následný prevod do lesnej pôdy.

Výsledkom pôvodného – historického využívania prírodného prostredia človekom okolo jednotlivých obcí v horských oblastiach bola diverzifikovaná poľnohospodárska krajina obhospodarovaná úzkopásovými poliami a lúkami a pastvinami, čo súviselo s jeho tradičným zamestnaním – chovom dobytká.

Pôvodné, druhovo bohaté prírodné lúky sa zachovali prevažne na svahovitých a vrcholových lokalitách vhodných predovšetkým na extenzívne využívanie (ručné kosenie, použitie malej mechanizácie a vypásanie) vyžadujúce značný podiel manuálnej ľudskej práce. Vzhľadom na nepriaznivý demografický vývoj spojený s neustálym znižovaním počtu obyvateľov a postupným starnutím obyvateľstva súčasná degradácia predstavuje do budúcnosti neudržateľný stav.

Výsledkom tohto procesu z pohľadu prírodovedného je strata druhovej diverzity a malebnej značne priestorovo a scenéricky diferencovanej štruktúry – mozaiky otvorenej krajiny. Rovnomerné rozloženie lesných komplexov, lúčnych plôch so zastúpením rozptýlenej stromovej a krovitej zelene, polí a sídiel predstavuje vysoko atraktívnu krajinu pre účely rekreácie a cestovného ruchu.

Súčasný trend je charakterizovaný premenou na relatívne homogénnu krajinu so zastúpením lesných komplexov, veľkoblokovej poľnohospodárskej pôdy prístupnej pre použitie výkonnej mechanizácie a sídiel s postupným vymieraním, vysídľovaním a znižovaním počtu trvalo bývajúcего obyvateľstva.

Poľnohospodárstvo

Z pohľadu poľnohospodárstva ide o stratu produkčných plôch, často síce z nízkym produkčným potenciálom, ale vysokou stabilitou a schopnosťou adaptovať sa na extenzívnejšie – nízko nákladové formy obhospodarovania.

Rekultivácie zarastajúcich plôch sú závislé od ich abiotických limitov, s rešpektovaním ochrany pôdneho profilu. Ich riešenie je v kompetencii pozemkových úprav.

Opatrenia pre zmiernenie trendov zarastania, ako podpora pre znevýhodnené, najmä horské oblasti a agroenvironmentálne opatrenia, nezabezpečujú účinnú starostlivosť už postihnutých plôch, pričom najmä LPIS dáva dobrý prehľad o súčasnom stave.

Pri spracovaní projektov pozemkových úprav bol zistený aj rozdiel medzi plochami vymedzenými ako poľnohospodárska pôda v LPIS a evidenčným stavom niektorých plôch na katastrálnych úradoch ako dôsledok rôzneho vykazovania využívania pod.

Lesohospodárstvo

Z pohľadu lesohospodárstva sa problematika zarastania dotýka drevnatého charakteru náletov, ako aj smeru vývoja ku lesným spoločenstvám. Napriek tomu, že tieto porasty nie sú evidované, vzhľadom na veľký rozsah plôch a vekovú štruktúru časti plôch (nazvaných „biele plochy“), predstavujú pomerne významný, neobhospodarovaný zdroj drevnej hmoty - biomasy.

Sukcesne najvyvinutejšie plochy končia spravidla delimitáciou do lesnej pôdy, pričom, metodologicky sú v rámci lesných hospodárskych plánov chápané ako plochy pre zalesnenie hospodárskymi drevinami podľa metodických prístupov, čo často nezodpovedá ich reálnemu druhovému zloženiu.

ANALÝZA PRÍČIN

Genéza plôch začína absenciou alebo selektívnou intenzitou obhospodarovania kosenia a pasenia. Postupuje od okrajov porastov NDV a lesných porastov, na zamokrených miestach, terénnych hranách, často s prechodnou ruderalizáciou a postupným, častejšie generatívnym ako vegetatívnym rozmnožovaním drevín – stromov a krov náletovým spôsobom.

Intenzita zarastania je rôzna, závisí od fytoecologického zloženia „materských“ porastov v okolí plochy, invazívnosti jednotlivých druhov a ich citlivosti na mechanické zásahy a ohryz.

V juvenilných štádiách náletov postačuje kvalitné pokosenie a zvýšenie intenzity pastvy, pričom úspešnosť takejto biologickej údržby závisí aj od druhu hospodárskych zvierat – v minulosti boli práve pre tento účel zaraďované do pasúcich sa stád kozy, ako prirodzené „rekultivátory“ náletových drevín. Nedopasky boli následne vykášané, čo sa v súčasnosti nevykonáva, vzhľadom na dostatok iných plôch trávnych porastov.

V ďalšom období rozsiahlejších zárastov sú tieto plochy poľnohospodárstvom postupne opustené, alebo sú vypásané len zostávajúce enklávy, ktorých plocha sa neustále znižuje. Tak vznikli porasty rôzneho veku, spravidla aj väčšej druhovej pestrosti.

Iným procesom je zarastenie náhle opustených celých plôch, kde sa nálety uplatňujú rovnomerne a sú prevažne rovnakého alebo úzkeho rozpätia veku a druhového zloženia.

Terminologickú nejednotnosť používanú rôznymi pracoviskami je potrebné zjednotiť za účasti všetkých, ktorých sa problém zarastania dotýka. Kľúčovými odborníkmi sú vedecko výskumné pracoviská poľnohospodárstva zaoberajúce sa rozvojom vidieka, horského poľnohospodárstva, pôdoznalectva, pozemkových úprav a v nemalej miere tiež teória a prax nastavenia ekonomických nástrojov a ich kontroly v pôdohospodárstve, ďalej lesohospodárstva, ako aj odborníkov z rôznych odborov prírodných vied, ochrany prírody a krajinného plánovania.

VÝSLEDKY

Návrh metodického prístupu na základe empirických skúseností bol štruktúrovaný do jednotlivých samostatných častí, ktoré vyjadrujú skupinu relevantných údajov pre každú plochu vo väčších mierkach (M=1:5-10 000) alebo pre krajinnú mozaiku s prevládajúcim typom v menších mierkach (M=1:25-50 000).

Údaje z pohľadu využitia ortofotomáp rozdeľujeme podľa schopnosti identifikovať príslušné parametre plochy a zaznamenať ako kvantitatívne hodnotenie:

1. Primárne – zistiteľné priamo prostredníctvom ortofotomáp
2. Sekundárne – odvoditeľné z iných podkladov a doplnené z podkladov prieskumu terénu

I. Kategorizácia plochy

Predstavuje základnú charakteristiku lokalizácie hodnotenej plochy v krajine:

1. Typ krajiny – prírodná, prírodno-kultúrna, kultúrna, kultúrno-urbanizovaná, urbanizovaná;
2. Výšková členitosť – nížiny, pahorkatiny, vrchoviny hornatiny;

3. Evidencia LPIS/KN – OP, TP/OP, TP ./ OP, pasienky, lúky.

II. Štruktúra plochy

Predstavuje kvantifikovateľné údaje štruktúry náletu, ktoré svojou kombináciou dávajú predstavu o stave a spôsobe zarastania. Údaje sa kombinujú a navzájom nevyklučujú, ich zápis je navrhnutý vo forme kódov.

1. porastenosť plôch – intervaly celkovej pokryvnosti v % a/do 25, b/25-50, c/50-75, d/75-100;
2. vývojové štádium plôch – a/ iníciaľne, b/ rozvinuté, c/ zmiešané;
3. homogenita plôch – a/ mozaika, b/ lem, c/ plocha, d/ línia;
4. morfológia plôch – a/ jadrové, b/ difúzne, c/ kontinuálne;
5. spojitosť plôch – a/ spojité, b/ nespojité, c/ kontinuálne;
6. vývoj štruktúry plochy - predstavuje doplnkový údaj zmeny štruktúry na ploche za obdobie pre ktoré máme podklady, s využitím podkladov ako staršie letecké snímky, základné mapy, ZB GIS, iné účelové mapy, fotodokumentácia, ak sú k dispozícii. Je ho možné vyjadriť graficky a popisom v zmysle bodov 1-5.

Po analýze zarastajúcich plôch na základe ortofotomáp je možné uplatniť analýzu kvalitatívnych vlastností, vývojových trendov, opatrení a odporúčaní pre manažment plochy, resp. krajiny.

III. Kvalitatívne parametre plochy

Kvalitatívne parametre sa získavajú analýzou podkladov a doplnené sú terénnym prieskumom. Terénny prieskum je nevyhnutný pre bod 3 a 4. Dôležitou skutočnosťou je stanovenie limitov z pohľadu ďalšieho potenciálneho vývoja plochy, jej významnosti a hospodárskeho využitia:

1. analýza abiotických faktorov;
2. analýza biotických faktorov;
3. analýza plochy v kontexte krajiny;
4. analýza morfológie povrchu plochy – mikrorelieéf.

IV. Interpretácia

1. rekultivovateľnosť – predstavuje interpretáciu limitov, rizík a odporúčaní pre prinavrátanie plochy na poľnohospodárske využívanie na základe skupín údajov II. a III;
2. ochrana krajiny – predstavuje interpretáciu limitov a odporúčaní z hľadiska ochrany biodiverzity ako aj z krajinárskeho hľadiska, predstavuje interpretáciu na základe skupín údajov I. a III;
3. ekonomicko-hospodárske opatrenia - predstavujú uplatnenie agrotechnických a lesohospodárskych postupov a opatrení, ako aj agroenvironmentálnych opatrení a ostatných finančných nástrojov a súčasne ich rentabilitu a udržateľnosť.

V. Socioekonomická nadstavba – príčiny a následky vývoja

Predstavuje celkové zhodnotenie a odporúčanie pre jednotlivé zarastajúce plochy, resp. ich mozaiku v kontexte princípov a dokumentov rozvoja vidieka a jeho socioekonomických faktorov z pohľadu širších vzťahov a pozície v katastrálnom území, mikroregióne a regióne.

ZÁVER

Výsledkom príspevku je navrhnutý metodický prístup ku mapovaniu a charakteristike zarastajúcich a porastených plôch, čo by umožnilo špecifikovať jednotlivé kategórie a zistiť s podrobnejšou kvantifikáciou vývojové trendy v zastúpení jednotlivých druhov plôch, ako aj ohrozenia krajinej štruktúry jednotlivých typov krajiny Slovenska.

Problematika je dôležitá aj z pohľadu implementácie Európskeho dohovoru o krajine. Neoddeliteľnou súčasťou problematiky je aj socioekonomický a hospodársky rozmer opustených a zarastajúcich plôch.

STRUČNÝ ÚVOD DO POČIATKOV PRIESKUMU KRAJINY NA BÁZE DPZ NA VÚPOP

Michal Džatko, Michal Sviček

Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava
e-mail: dzatko@vupu.sk

Abstrakt: Stručný úvod do počiatkov prieskumu krajiny na báze DPZ na VÚPOP.

Prvoradým zámerom príspevku nie je len stručná prezentácia histórie počiatkov a vývoja DPZ na VÚPOP v Bratislave v rokoch 1974 – 2002, ale aj evokácia otázky: „ či a v akom rozsahu sa snažíme overiť správnosť antického poznatku: *Historia je učiteľkou života* a či všetky naše poznatky a výsledky sú nové, alebo len zdokonalené vďaka novým technologickým vymoženostiam. V konkrétnom vyjadrení: či a na akej úrovni overujeme vhodnosť globálne dostupných a ponúkaných metód aj pre hodnotenie našich špecifických podmienok, ak máme veľmi podrobné databázy o vlastnostiach pôd, klímy, reliéfu na celom území poľnohospodárskej krajiny od roku 1962 až po súčasnosť a nadväzne od roku 1993 aj databázy výsledkov DPZ. Vieme, že ich výpovedné hodnoty závisia predovšetkým od parciálnych vlastností pôdy, reliéfu, klímy a integrácie ich vlastností. Aj preto prezentujeme aj príklad výsledkov našich aktivít : mapu veľmi rozdielnych indexov potenciálov využívania poľnohospodárskej krajiny Slovenska.

KLúčové slová: hodnotenie poľnohospodárskej krajiny, diaľkový prieskum Zeme (DPZ), výpovedné hodnoty prieskumu

Abstract: Short introduction to the landscape survey based on the remote sensing in SSCRI.

The primary intention of this contribution is not only the short history presentation of the remote sensing beginnings and development at SSCRI in Bratislava from the 1997 to 2002, but also the question evocation “if and in which extend we try to verify the accuracy and value of the antique knowledge: *Historia est magistra vitae*, and if all our new results are really new, or if part of these results are only old knowledge improved thanks to new technical tools”. In the concrete expressing: “if and at which level we verify appropriateness of the globally accessible methods for the evaluation of our specific condition if we have our very detail databases of the soil, climate and relief properties for all agricultural land from 1962 till present time and from 1993 the remote sensing DPZ data base. In specific expression we know very well, that the results of indicative values depends namely upon all partial soil, relief, climatic and another land properties integration. In this context there is presented one of our final activity results, the map of the very different “Agricultural land use potential indexes in Slovakia”.

Key words: agricultural land evaluation, remote sensing, indicative value of research results

ÚVOD

Prirodzená snaha človeka, ale najmä „zhon“ po získavaní nových poznatkov, ktoré veľmi rýchlo zvýšia nielen osobné preferencie ale aj nadväznú výhodu, zákonite podmieňuje aj nezáujem o poznávanie vývoja a vzťahov od minulosti po súčasnosť. Protipólom takýchto snáh je známa skutočnosť, že už aj na vysokej odbornej úrovni zaznievajú „nevšedné“ otázky, či prezentované vedecké výsledky a poznatky sú skutočne nové, alebo sú len zdokonalené vďaka novým technologickým možnostiam.

Je samozrejmé, že každé zdokonalenie poskytuje väčšiu výpovednú hodnotu, ale každý vzdelaný človek by sa mal zamyslieť aj na tým, čo je to nové a čo len zdokonalené. A práve v takomto kontexte hodnotenia realít eskaluje aj oprávnená diskusia o etických aspektoch vedy a výskumu.

Nie je naším cieľom otvárať otázky vedeckej etiky, ale len iniciovať snahu aj o poznávanie a hodnotenie vývoja poznatkov od počiatku riešenia až po súčasnosť. Názorným príkladom opodstatnenosti takýchto snáh môže byť aj otázka, či a v akej miere overujeme správnosť a vhodnosť globálne preberaných metodík a najmä koeficientov hodnotenia pôd a krajiny v našich

výrazne špecifických a tým aj neopakovateľných podmienkach. Inými slovami, či a v akom rozsahu overujeme relevantnosť globálne preberaných koeficientov a metodických postupov z literatúry, alebo aj zo zahraničných metodík projektov pri hodnotení našich veľmi špecifických a priestorov veľmi diferencovaných prírodných podmienok.

Preto aj v kontexte naznačených úvah a realít, prvoradým zámerom prezentovaného príspevku nie je len veľmi stručná prezentácia postupnej nadväznosti histórie vzniku a rozvoja DPZ na našom ústave, ale aj dostupnosti a najmä výpovednej hodnoty poznatkov o metodických postupoch a výsledkoch prieskumu a hodnotenia pôdnych a krajinných jednotiek na báze DPZ na VÚPOP od roku 1973 do 2000.

Nebývalý rozvoj nielen záujmu, ale aj možností aplikácie metód DPZ na VUPOP v počiatočných rokoch 1993 - 1996 bol v nie malom rozsahu umocnený aj dokumentovanou holistickou snahou o integráciu už existujúceho súboru poznatkov a databáz nielen o vlastnostiach a potenciáloch, ale aj o kategorizácii využívania poľnohospodárskych pôd Slovenska a nových výsledkov DPZ. Bol to veľmi účinný východiskový argument aj pri schvaľovaní prvých medzinárodných projektov, ktoré získal náš ústav.

Prvé možnosti a počiatky

Prvé možnosti využívania leteckých snímok pre vedecké účely boli dané žiaľ až v rokoch 1970 – 1980. Medzi prvých riešiteľov tejto problematiky na našom ústave patria prof. B. Juráni a Dr. B. Šurina, ktorí už v roku 1973 (po návrate zo študijného pobytu v Holandsku) publikovali vo Vedeckých Prácoch VÚPVR 6, príspevok: „Fotopedológia a jej využitie v podmienkach Slovenska“. Priorita a významnosť tohoto príspevku nie je len v konkretizácii metodických zásad fotogrametrie, ale aj v zdôvodnení dnes už plne využívaného súboru možností ich využitia nielen pre účely mapovania, ale aj hodnotenia a využívania pôdnych a územných jednotiek.

MARS MERA - 92 (1993 – 1996)

Nebývalý rozvoj možností a záujmu o riešenie týchto otázok začal až v roku 1993, keď sa ústavu (vďaka nekomentovanému úsiliu a odbornej argumentácii) podarilo získať možnosť aktívnej účasti na príprave a implementácii projektu MARS MERA – 92, ktorý koordinovalo Spoločné výskumné stredisko EÚ (*Joint Research Centre – JRC EC*) v Ispre (Taliansko).

Na základe jeho doporučenia, menovalo Ministerstvo pôdohospodárstva SR v roku 1994 VÚPÚ funkciou *National Focal Point MARS MERA*, čiže Národného koordinačného pracoviska medzinárodného projektu MERA (*Mars and Environmental Related Applications*) v spolupráci: Geografického ústavu SAV, SHMÚ a LVÚ vo Zvolene.

V rámci úloh MERA 92 sa Slovensko podieľalo na riešení nasledujúcich sub - projektov:

- Action I: Inventarizácia krajiny – regionálna inventarizácia úrod (VÚPÚ);
- Action III: Agrometeorologické modelovanie - predpoveď úrod (VÚPÚ a SHMÚ);
- Mapovanie degradácie pôd a územia (VÚPÚ a GÚ SAV);
- Lesné ekosystémy (LVÚ).

Projekt bol zameraný predovšetkým na využitie údajov DPZ v oblasti:

- regionálnej inventarizácie;
- odhadu úrod poľnohospodárskych plodín;
- detekcie degradácie krajiny a pôdy.

Konkrétne ciele subprojektu 1 (Action 1) boli:

- agroenviromentálna (pôdnoekologická) stratifikácia celého územia Slovenska;
- selekcia vzorových 477 územných segmentov na celej výmere poľnohospodárskeho územia;
- základný výskum, digitalizácia a štatistická analýza výsledkov mapovania územných

segmentov.

Cieľom riešenia subprojektu 2 (Action 3) boli:

- príprava prehľadu správ o existujúcich agro-pedo-meteorologických modeloch, ktoré vznikli na Slovensku;
- báza dát pôdných, meteorologických a štatistických údajov vrátane údajov dát o úrodách plodín v sledovaných územných celkoch.

Aj s odstupom nie krátkeho času osobitne hodnotíme predovšetkým výpovedné hodnoty v danom čase nových 477 územných segmentov (100 ha štvorcov), ktoré sme vybrali na základe účelového vyhodnotenia priestorovej diferenciácie nielen morfológických vlastností pôd, ale predovšetkým v danom čase aj nových integrovaných výsledkov hodnotenia produkčného potenciálu územných celkov (BPEJ).

Naviac, pri porovnávaní údajov o úrodách plodín podľa metodiky MERA - územných segmentov a oficiálnych štatistických údajov sa u väčšiny plodín zistili priemerne o 3 – 11% väčšie úrody, ako sú v oficiálnych údajoch ŠÚSR, rozdiely úrod trávnych porastov boli väčšie. Je to veľmi názorné potvrdenie rozdielnosti výpovedných hodnôt tradičných a nových metód hodnotenia nielen úrod, ale aj vzťahov medzi zložkami prostredia.

Takto sme získali nielen nový, ale predovšetkým relevantný súbor údajov o priestorovej diferenciácii produkčného potenciálu pôd a reálnych (nie štatistických) údajov o úrodách plodín, čo je veľmi názorným argumentom nevyhnutnej integrácie poznatkov nielen o vlastnostiach a produkčnej schopnosti územných celkov, ale aj iných údajov pre nadväzné účely modelovania využívania pôd a územia.

Podrobnejšie údaje o metodických postupoch a výsledkoch riešenia subprojektov 1 (Action 1) a 2 (Action 3) sú v dostupných správach a príspevkoch (pozri literatúru).

Odhad úrod – regionálna inventarizácia – degradácia pôdy (1997-2002)

V rokoch 1997 a 2002 sa otázky kvantifikácie využívania pôdneho fondu a odhadu úrod riešili pomocou metód interpretácie satelitných obrazových záznamov v rámci účelových činností MP SR. V roku 2000 nastala prielomová zmena v mapovaní osevu a využitia krajiny tým, že sa pre tieto účely sa začali využívať satelitné obrazové záznamy (Landsat TM, IRS, SPOT), čo pokračuje až do dnešnej doby.

Využitie údajov DPZ pre potreby rezortu pokračovalo aj v rokoch 2001 a 2002. Odhad úrod sa vykonáva v súlade s metodikou odhadu úrod v členských krajinách EÚ za použitia porovnávania satelitných meteorologických obrazových záznamov NOAA-AVHRR a agro-meteorologického modelovania úrod v najnovšej verzii programu WOFOST 7.

V rokoch 2002 – 2003 začalo nové, všeobecne známe obdobie rozvoja metód DPZ a GIS vybudovaním LPIS – Pilotného projektu CwRS – JRC, vďaka ktorému sa získali nové, relevantnejšie údaje o priestorovej diferenciácii vlastností poľnohospodárskych pôd Slovenska.

Tieto novšie trendy využívania metód DPZ už nie sú objektom hodnotenia minulosti, ale súčasného trendu hodnotenia a využívania pôd aj na základe údajov DPZ.

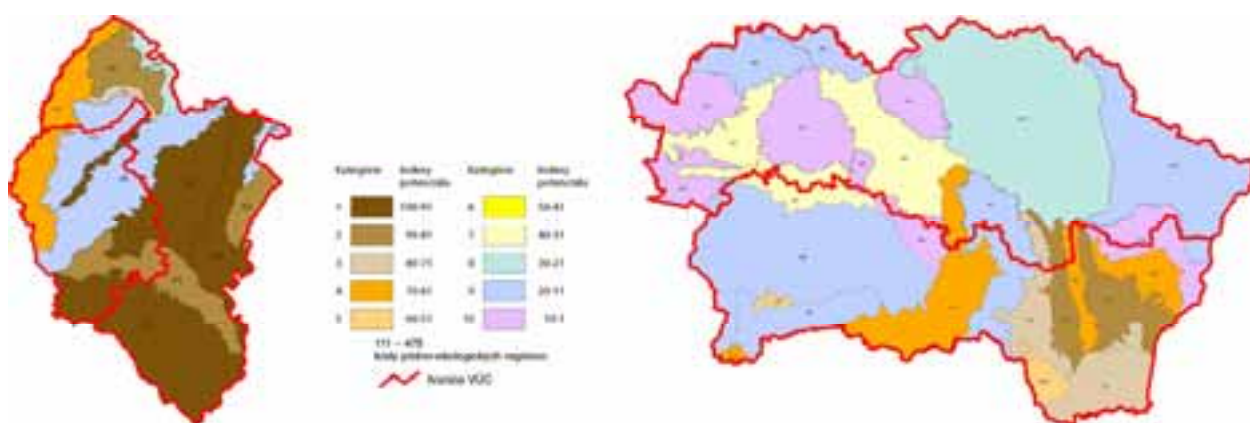
Východiskové aspekty udržateľnej integrácie ochrany pôdy a poľnohospodárskej krajiny

Stručne naznačené a prezentované výsledky hodnotenia vlastností a funkcií poľnohospodárskych pôd Slovenska sú názorným argumentom správnosti známych teoretických poznatkov, že rozdielna štruktúra vlastností, funkcií a potenciálov využívania zdrojov pôdy a krajiny je funkciou rozdielneho vplyvu zložiek prostredia. Preto každý udržateľný zásah nielen na poľnohospodárskej pôde, ale aj v prírode mal by vychádzať z dôsledného poznania a hodnotenia aj parciálnych funkcií a vzťahov medzi vlastnosťami pôd a prostredia.

Rešpektovanie tejto zásady vyžaduje nielen „vypracovanie“, ale aj „zdôvodnenie“ konkrétnych koncepcií a projektov ochrany pôdy a krajiny, ktoré by mali vychádzať nielen z poznania širšieho súboru nielen prírodných, ale aj ekonomických a sociálnych faktorov.

V novších prácach sa diferencujú tri ekologické a tri socio-ekonomické funkcie pôdy (1. produkcia biomasy, 2. filtračná, pufrčná a transformačná funkcia, 3. génová rezerva a ochranné médium pre rastliny a živočíchy, 4. miesto pre rozvoj infraštruktúry, 5. zdroj neobnoviteľných surovín, 6. zdroj archeologických a paleontologických nálezov).

Podľa nášho názoru, je to ďalší dôkaz holistickej jednoty územia a krajiny aj v zmysle gréckeho „oikos“, čiže spoločného domu-obydli. A práve z takéhoto kontextu poznávania vzťahov pôda a krajina vyplýva, že ochranou poľnohospodárskej pôdy ochraňujem aj poľnohospodársku krajinu a opačne.



Obr.1. Príklad využitia poznatkov o priestorovej diferenciacii vlastností a potenciálov územných celkov

Prezentované mapy priestorovej diferenciacie potenciálov využívania poľnohospodárskych pôd v rozdielnych regiónoch by mali byť východiskovým podkladom aj pre udržateľnú lokalizáciu objektov nielen pre poľnohospodárske, ale aj nepoľnohospodárske účely. Sú objektívnym podkladom aj pre vypracovanie rozdielnych požiadaviek ochrany pôdy a územných celkov.

ZÁVER A AKO ĎALEJ ?

Je evidentné, že nebývalý rozvoj nielen záujmu, ale aj tvorivej aplikácie metód DPZ na VÚPOP v počiatkových rokoch 1993 – 1996 bol umocnený aj snahou o integráciu už existujúceho súboru poznatkov a dát nielen o vlastnostiach a potenciáloch, ale aj o kategorizácii využívania poľnohospodárskych pôd Slovenska a nových výsledkov DPZ. Bol to veľmi účinný argument aj pri schvaľovaní prvých medzinárodných projektov, ktoré získal náš ústav.

V kontexte „nevšedného“ úvodu zdôvodňujeme aj oprávnenosť otázky „či a v akej miere overujeme vhodnosť globálne preberaných metodík a najmä koeficientov pri hodnotení našich špecifických podmienok (príklady malého nadšenia s EU – Soil Protection Framework Directives a aj našich nariadení).

Finálnym cieľom príspevku nie je prezentácia výsledkov, ale len veľmi stručné naznačenie východiskových podmienok, úskalí a výsledkov riešenia prvých medzinárodných projektov hodnotenia krajiny na báze DPZ na VÚPOP a tým aj výzva na nadväzné diskusie „Ako ďalej...“

LITERATÚRA

DŽATKO, M., SVIČEK, M. 1996. Mars Mera Final report, Action 1: Regional Crop Inventories, Soil Fertility Research Institute, Bratislava, 19 p.

- DŽATKO, M., NIEPLOVÁ, E., NEJEDLÍK, P. 1996. Mars Mera Final report, Action 3: Agro meteorological modelling Soil Fertility Research Institute, Bratislava, 35 p.
- DŽATKO, M., SVIČEK, M. A KOL. 1996. Využitie DPZ pre inventarizáciu územia a predpoveď úrod v rámci Programu Phare a Projektu MERA, Výskumný ústav pôdnej úrodnosti, Bratislava, 16 s.
- DŽATKO, M., SVIČEK, M. 1997. Využitie DPZ pre Inventarizáciu územia, predpoveď úrod a ochrany pôdy. Správa. VÚPÚ, Bratislava, 13 s.

VYUŽITIE INDIKÁTOROV MATERIÁLOVÝCH TOKOV NA MAKROEKONOMICKEJ ÚROVNI PRI HODNOTENÍ VYUŽÍVANIA PRÍRODNÝCH ZDROJOV

Tatiana Guštafiková

*Slovenská agentúra životného prostredia, Tajovského 28, 975 90 Banská Bystrica,
e-mail: tatiana.gustafikova@sazp.sk*

Abstrakt: Využitie indikátorov materiálových tokov na makroekonomickej úrovni pri hodnotení využívania prírodných zdrojov

Hospodárstvo a životné prostredie sú prepojené tokmi materiálov a energií. Tieto toky sú príčinou environmentálnych problémov. Ich poznanie a kvantifikácia môžu slúžiť ako nepriame indikátory tlaku na životné prostredie. Jedna z najucelenejších metód analýzy materiálových tokov je analýza materiálových tokov na makroekonomickej úrovni (economy-wide material flows analysis – MFA), ktorá bola štandardizovaná v metodologickej príručke Eurostatu (2001). V SR je problematike materiálových tokov na makroekonomickej úrovni venovaný projekt, financovaný APVV. Tento príspevok popisuje aplikáciu tejto metódy v podmienkach SR. Bilancia materiálových vstupov je odvodená do indikátora popisujúceho priame využité domáce materiálové vstupy, ktorý je taktiež popísaný.

Kľúčové slová: účty a indikátory materiálových tokov na makroekonomickej úrovni, tlak na životné prostredie, environmentálna efektivita

Abstract: Economy wide material flows indicators in management of natural sources.

The economy and the environment are connected through material and energy flows. These flows are the key cause of environmental problems and can serve as indirect indicators of pressure on the environment. The leading method for assessing material flows and dematerialization at an economy-wide level was developed during the 1990s and standardized by Eurostat guide (Eurostat, 2001). In the Slovak Republic, the works on economy-wide material flow accounts and indicators are in progress via project Material flows analyse in management of natural sources focusing on energy utilisation of agricultural biomass funded by the APVV. This paper describes the application of economy wide material flow analysis to the economy of the SR. The balance of material domestic use is compiled and relevant indicator (Direct Material Inputs) is derived on the bases of the account and balances of material flows for 1997 – 2004.

Key words: economy – wide material flows accounts and indicators, pressure on the environment, environmental effectivity

ÚVOD

Prírodné zdroje sú základom každej ekonomickej činnosti. Vhodný manažment prírodných zdrojov, ako aj ich efektívne využívanie v hospodárstve, je kľúčovým predpokladom trvalo udržateľného rozvoja.

Aby mohol ekonomický systém fungovať, to znamená produkovať služby a tovary k uspokojovaniu ľudských potrieb, chová sa podobne ako živý organizmus: absorbuje látky a energiu z okolitého prostredia, ktoré sú do istej miery využívané, ale nakoniec sú všetky materiály premenené na odpady a sú uvoľňované späť do životného prostredia. Na strane vstupov ekonomický systém absorbuje hlavne fosílné palivá a ďalšie nerastné suroviny, biomasu a vodu, na strane výstupov sú uvoľňované emisie do vody, do vzduchu a tuhé odpady. Tento tok materiálov, ktorý má prevažne jednosmerný charakter (len malá časť materiálov je recyklovaná a znovu využitá) sa nazýva priemyselným alebo širšie socio-ekonomickým metabolizmom (Fischer-Kowalski et Haberl 1993; Ayres et Simonis 1994).

Ako vstupné tak aj výstupné toky sú spojované s určitým tlakom ľudskej spoločnosti na životné prostredie. Na posúdenie tohto tlaku je potrebné tieto tlaky poznať, predovšetkým ich objem a vlastnosti. Na základe takto získaných vedomostí budeme schopní tlak vyvíjaný na životné prostredie znižovať. Medzi potenciálne užitočné nástroje vhodné na meranie materiálových tokov a

produktivity využívania prírodných zdrojov patria štúdie materiálových tokov, resp. výkazníctvo materiálových tokov (MFA – „Material Flow Accounts“). MFA je vo všeobecnosti založené na metodologicky zorganizovanom účtovníctve fyzických jednotiek (zvyčajne tony materiálov) zahrňujúcich etapy ťažby, výroby, transformácie, spotreby, recyklácie a zneškodňovania rozličných druhov materiálov.

MATERIÁL A METÓDY

Za jednu z najucelenejších metód analýzy materiálových tokov je *analýza materiálových tokov na makroekonomickej úrovni (Economy-wide Material Flow Analysis – MFA)*, ktorá bola vyvinutá v priebehu 90-tych rokov 20. storočia. V roku 2001 bola táto metodika štandardizovaná v metodologickej príručke Eurostatu (2001).

Tab. 1. Prehľad základných indikátorov MFA v rámci materiálových účtov na celoeconomickej úrovni

VSTUPY (“INPUTS”)	VÝSTUPY (“OUTPUTS”)
Domáca ťažba surovín (“Domestic extraction”):	Produkcia odpadov a nakladanie s nimi, vypúšťanie znečisťujúcich látok (ZL) do zložiek životného prostredia, ...
<ul style="list-style-type: none"> Fosílna palivá (uhlie, ropa, ...) Minerálne suroviny (rudné, nerudné, ...) 	<ul style="list-style-type: none"> emisie ZL do ovzdušia emisie ZL vo vody
Biomasa:	<ul style="list-style-type: none"> množstvá vzniknutých odpadov umiestnených na skládkach odpadov
<ul style="list-style-type: none"> ťažba dreva, ... pestovanie obilnín... trvalé trávne porasty... 	Disipatívne využitie produktov a ich straty:
	<ul style="list-style-type: none"> umelé hnojivá, maštalný hnoj, kompost, osivá, korózia materiálov...
<i>Import (surovín, polotovarov a tovarov)</i>	
= Priame materiálové vstupy (“Direct Material Inputs” – DMI)	= Výstupy z domácej výroby do prírodného prostredia (“Domestic Processed Output to nature” – DPO)
Nevyužitá produkcia (suroviny) súvisiace s ťažbou surovín, zberom a spracovaním biomasy na národnej úrovni:	Nevyužitá surovina zo spracovania nerastných surovín, biomasy a výkopových prác:
<ul style="list-style-type: none"> z ťažby a dobývania surovín (haldy) zo zberu a spracovania biomasy (straty drevnej hmoty pri ťažbe dreva, prebierke drevín a pod.) z výkopových prác a premiestňovania zeminy (napr. skrývkový materiál) 	<ul style="list-style-type: none"> zo spracovania a úpravy nerastných surovín (odkaliská) zo spracovania a využívania biomasy (napr. nevyužitá biomasa zo spracovania drevnej hmoty) z výkopových prác a premiestňovania zeminy (napr. pri výstavbe dopravnej infraštruktúry)
+ DMI = Celkové materiálové vstupy (“Total Material Inputs” – TMI)	+ DPO = Celkový domáci materiálový výstup do prírodného prostredia (“Total Domestic Output to Nature” – TDO)
	<i>Export (surovín, polotovarov a tovarov)</i>
	+ TDO = Celkový materiálový výstup (“Total Material Output” – TMO)
Nepriame toky súvisiace s importom (“Indirect flows associated to imports”): ekvivalent nerastných surovín obsiahnutých v importovaných produktoch + nevyužitá produkcia (suroviny) súvisiace s extrakciou (ťažbou) týchto surovín v krajine pôvodu	Čisté príspevky zásob (“Net Additions to Stock”) – NAS = DMI-DPO-Export (metódou výpočtu), resp.:
+ TMI = Celkové materiálové požiadavky (“Total Material Requirements” – TMR)	<ul style="list-style-type: none"> Infraštruktúra a budovy Ostatné (strojové zariadenia, tovary dlhodobej spotreby atď.
	Nepriame toky súvisiace s exportom

Jej cieľom je kvantifikovať fyzickú výmenu medzi národnou ekonomikou, životným prostredím a cudzími ekonomikami a to na základe celkového hmotnostného množstva materiálov, ktoré každý rok pretečie cez hranice národnej ekonomiky.

Toky vnútri ekonomiky, napríklad presuny výrobkov medzi jednotlivými odvetviami, sa neuvádzajú, ekonomika je vnímaná ako „čierna skrinka“ (black box). Materiálové vstupy zahrňujú predovšetkým vyťažené suroviny a vyprodukovanú biomasu (tzv. domáca využitá ťažba), materiálové výstupy emisie do ovzdušia a do vody, skládkované tuhé odpady a tzv. rozptýlené využité výrobky a rozptýlené straty, kam patrí množstvo použitých hnojív, pesticídov či zimného posypu. Ak je pri sledovaní materiálových tokov zachovaná materiálová rovnováha, je možné z rozdielu medzi materiálovými vstupmi a výstupmi vypočítať celkové množstvo materiálov, ktoré sa za rok naakumuluje v ekonomickej sústave vo forme budov, dopravnej infraštruktúry, trvanlivých výrobkov a pod. Indikátory MFA sú vo všeobecnosti rozdelené do skupín *indikátorov vstupu, spotreby a výstupu* a tieto zas môžu byť prepojené so socio-ekonomickými indikátormi a inými environmentálnymi indikátormi potrebnými na výpočet intenzity, resp. efektivity ich využitia (*indikátory environmentálnej efektivity*).

Z vyššie uvedených “kompozitných” ukazovateľov MFA možno vypočítať agregované indikátory materiálovej spotreby, ako napr.:

- *DMC* (“*Domestic Material Consumption*”), t.j. domácu spotrebu surovín = DMI – Export (surovín)
- *PTB* (“*Physical Trade Balance*”), t.j. fyzickú obchodnú bilanciu = import – export
- *TMC* (“*Total Material Consumption*”), t.j. celkovú materiálovú spotrebu = TMR – Export – nepriame toky súvisiace s exportom

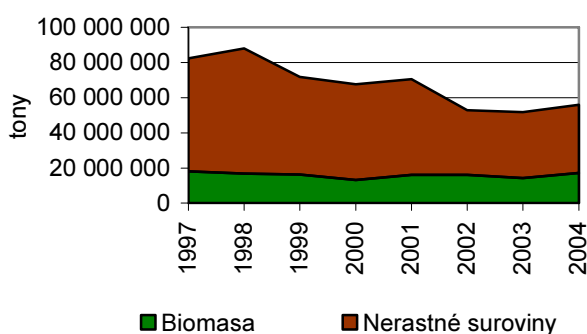
VÝSLEDKY

Účtovníctvo materiálových tokov na makroekonomickej úrovni v Slovenskej republike.

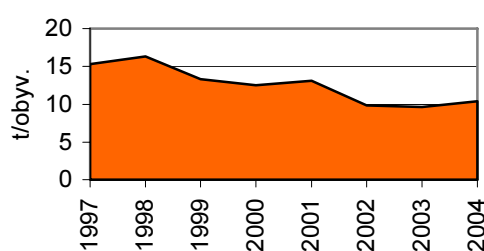
Stanovenie vstupného indikátora – „Domáca využitá materiálová ťažba“ a jeho využitie pri posudzovaní využívania prírodných zdrojov

Domáca využitá materiálová ťažba je indikátor, ktorý charakterizuje domáci vstup využitých surovín ako nerastných surovín, vyprodukovanú biomasu z poľnohospodárstva, vyťaženie lesnú biomasu a lov lesnej zveri. Je to sumár materiálových vstupov pochádzajúcich z národnej ekonomiky.

1a)



1b)



Graf 1. Vývoj domácej materiálovej ťažby (1a); vývoj domácej materiálovej ťažby v tonách na obyvateľa (1b) (zdroj: ŠÚ SR, NLC, MH SR, ŠGÚDŠ, FAO, spracoval SAŽP)

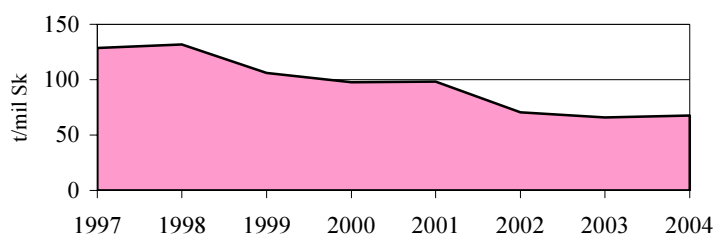
Domáca využitá ťažba poklesla od roku 1997 z 82Mt na 56 Mt v roku 2004, čo je spôsobené postupným znižovaním ťažby nerastných surovín v SR (od roku 1990 spôsobené nerentabilitou ťažby). Domáce materiálové vstupy z biomasy v SR majú relatívne stabilnú úroveň. Materiálová

ťažba na jedného obyvateľa v SR dosiahla v roku 2004 10,4 tony, čo predstavuje pokles od roku 1997 o 4,9 tony.

Environmentálna produktivita

Pomer DME ku HDP nám charakterizuje využívanie prírodných zdrojov vzhľadom na ekonomický indikátor, akým HDP je. Pokles tohto pomeru naznačuje pozitívny trend v efektívnom využívaní domácich prírodných zdrojov, t.j. *environmentálnu produktivitu*.

Vzhľadom na to, že dochádza k zvyšovaniu tvorby HDP a tento fakt neznamená aj zvyšovanie množstva využívania domácich prírodných zdrojov, sa dá predpokladať zefektívnenie využívania týchto zdrojov. Ku komplexnému zhodnoteniu je však potrebné tieto údaje doplniť o celkovú bilanciu materiálových vstupov vrátane dovozu a nevyužitej ťažby.

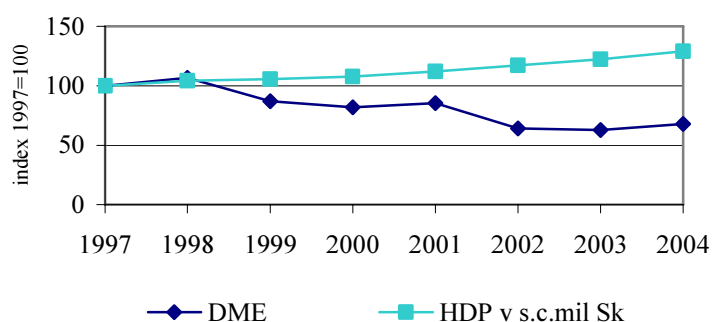


Graf 2. Vývoj domácej využitej materiálovej ťažby v SR v prepočte na HDP (zdroj: ŠÚ SR, NLC, FAO, MH SR, ŠGÚDŠ, spracoval SAŽP)

Environmentálna efektivita celkovej domácej využitej ťažby

Environmentálnu efektivitu celkovej domácej využitej materiálovej ťažby vzhľadom na HDP určuje korelačná závislosť medzi celkovou ťažbou domácich surovín a ekonomickým indikátorom vyjadrených v HDP.

Od roku 1998 je možné hovoriť o pozitívnom trende vo vývoji environmentálnej efektivity využívania domácich prírodných zdrojov (roztváranie nožníc“ – pokles domácej využitej materiálovej ťažby a nárast celkového HDP v slovenskej ekonomike), čo naznačuje korelačná závislosť medzi rastom HDP a poklesom domácej materiálovej ťažby surovín.



Graf 3. Environmentálna efektivita domácej využitej ťažby ku HDP (zdroj: ŠÚ SR, NLC, MH SR, ŠGÚDŠ, FAO, spracoval SAŽP)

ZÁVER

Na základe vyššie uvedených skutočností je zřejmé, že vstup materiálov do slovenskej ekonomiky pochádzajúci z domáceho prírodného prostredia má klesajúcu tendenciu. V porovnaní s nárastom HDP, môžeme hovoriť o pozitívnom trende vo využívaní týchto domácich zdrojov. Ucelený pohľad na domáce materiálové vstupy je možné získať však až po bilancii dovezených materiálov ako aj nevyužitej domácej materiálovej ťažby.

LITERATÚRA

- AYRES, R., SIMONIS, L. 1994. Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development. UNU
- EC, 2006. Green Paper - A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy. COM (2006) 105. Brussels, 8.3.200
- EUROSTAT, 2001. Economy-Wide Material Flow Accounts and Derived Indicators. A Methodological Guide. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities. 92 p.
- MOLL, S., BRINGEZU, S. SCHÜTZ, H. 2003. Zero Study: Resource Use in European Countries. An estimate of materials and waste streams in the Community, including imports and exports using the instrument of material flow analysis. ETC-WMF, Copenhagen. 91 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2004. Materials Count: The Case for Material Flows Analysis. Committee on Material Flows Accounting of Natural Resources, Products, and Residuals. Division on Earth and Life Studies. The National Academic Press, Washington, D.C. 123 p.
- OECD, 2000. Special Session on Material Flow Accounting. Paris, 24 October 2000, OECD Working Group on Environmental Information and Outlooks (WGEIO)
- OECD, 2004. OECD Workshop on Material Flows and Related Indicators. Working Group on Environmental Information and Outlooks. ENV/EPOC/SE

Pod'akovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0174-07

DETEKCIA VYBRANÝCH PARAMETROV PÔDY NA ZÁKLADE INTERPRETÁCIE ÚDAJOV DIAĽKOVÉHO PRIESKUMU ZEME

Vladimír Hutár,¹Ján Halas²

*Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, e-mail:
hutár@vupu.sk*

Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Raymanova 1, 080 01 Prešov

Abstrakt: Detekcia vybraných parametrov pôdy na základe interpretácie údajov diaľkového prieskumu zeme.

Príspevok sa zaoberá získavaním informácií o pôde zameraných na charakteristiku zrnitosti (textúry) jemnozeme pôdy. Diaľkový prieskum Zeme predstavuje vhodný nástroj schopný preukázať vzťah medzi prejavmi elektromagnetického žiarenia a objektmi geosféry. Porovnaním súboru dát pozemného prieskumu a súboru dát diaľkového prieskumu Zeme je možné do značnej miery vysvetliť aj priestorovú variabilitu obsahu ílu ako vybraného pôdneho parametra.

Kľúčové slová: diaľkový prieskum Zeme (DPZ), obsah ílu, Landsat TM, pôdne parametre

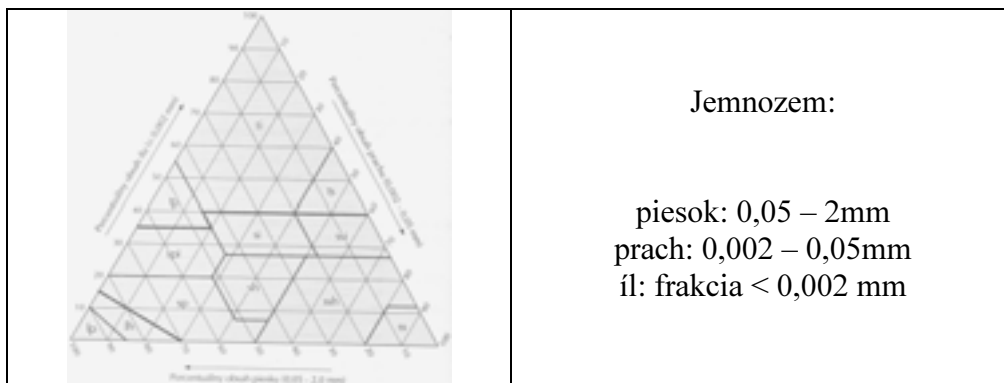
Abstract: Detection of selected soil data parameter based on the interpretation of remote sensing information.

The paper contribution deals with the acquisition of soil data information, aiming the parameter of soil texture of the fine earth fraction. Remote sensing represents the tool how to display the relation between electromagnetic radiation and objects of geosphere. Comparing the set of ground data collection and set of remotely sensed data, there should be space for explaining spatial variability of clay content as selected soil parameter.

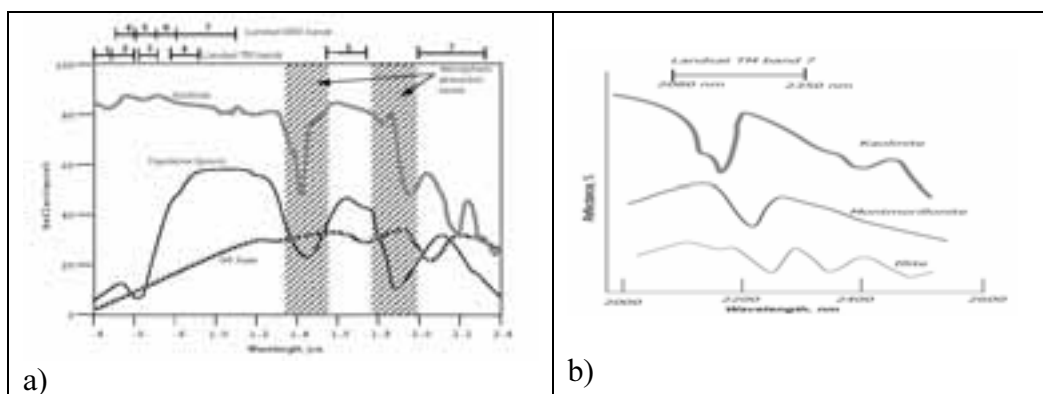
Keywords: remote sensing (RS), clay content, Landsat TM, soil parameters

ÚVOD

Diaľkový prieskum Zeme, ktorý zahŕňa etapy získavania, prenosu, spracovania a interpretácie dát sa zaoberá v podstate prejavom elektromagnetického žiarenia vo vzťahu k objektom geosféry (Myldrych 1985). Pedosféra, ktorá predstavuje jednu zo základných sfér sa vyznačuje prienikom troch základných komponentov a to pevnej, kvapalnej a plynnej fázy. V závislosti od týchto komponentov možno potom sledovať jednotlivé parametre pôd podľa ich fyzikálnych, chemických alebo biologických vlastností. Obsah pevnej časti pôdneho krytu predstavuje dominantnú zložku a prostredie rozptýlenia pre ďalšie dve fázy. Pevná fáza pôdy sa skladá z častiek rôznej veľkosti, pričom sa berie do úvahy vyskytujúci sa podiel jemnozeme (piesok 0,05-2mm, prach 0,002-0,05mm a íl frakcia < 0,002 mm) skeletu (štrk 2-50mm, kameň 20-250mm a balvan frakcia > 250mm) a organických látok (hrubšie, jemnejšie) (MKSP 2000). Percentuálny podiel piesku, prachu a ílu a jeho klasifikáciu vyjadruje textúrny trojuholník. (obrázok č.1).



Obz. 1. Textúrny trojuholník podľa MKSP 2000, determinácia frakcie jemnozeme



Obr. 2. Spektrálne pásma kanálov TM senzoru družice Landsat s hodnotami odrazivosti vybraných prírodných materiálov (kaolinit, prachovito-hlinitá pôda, vegetácia) (2a) hodnoty odrazivosti kaolinitu, montmorillonitu a illitu v hyperspektrálnom pásme infračervenej oblasti (7 kanál TM senzoru) družice Landsat 2.08-2.35 μm (2b)

MATERIÁL A METÓDY

Pre detekciu obsahu frakcie ílu boli vybrané snímky družice Landsat s TM multispektrálnym snímačom zaznamenávajúcím odrážané/vyžarované elektromagnetické žiarenie z oblasti viditeľného, odrážaného-infračerveného, stredne-infračerveného a tepelného-infračerveného spektra. Pre detekciu vybraných parametrov pôdy boli použité hodnoty odrazivosti z hyperspektrálnej oblasti, a to 5 pásmo (stred infračervené 1.55-1.75 μm) a 7 pásmo (stred infračervené 2.08-2.35 μm) nasledovne:

$$\% \text{ ílu} = \text{TM5} / \text{TM7} \quad (1)$$

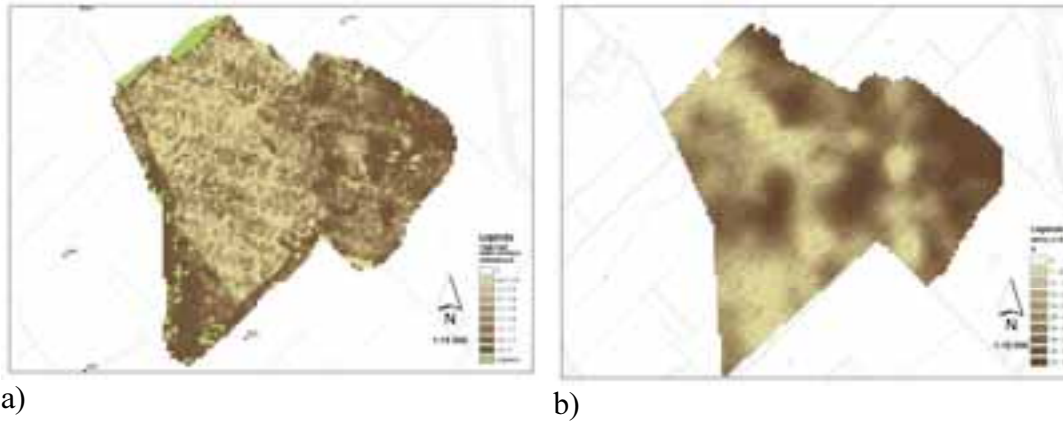
Hodnotený bol satelitný obrazový záznam z obdobia 08.04.2007, pričom sa vychádzalo zo spracovaného (rektifikovaného) snímku. Uvedené spracovanie umožňuje presne lokalizovať atribútovú hodnotu – obsah ílu v mieste výskytu, nevýhodou je strata spektrálnej integrity dát počas rektifikácie. Snímky bez diferenciálneho prekreslenia (rektifikácie) sú oveľa spektrálne korektnéjšie ako snímky s diferenciálnym prekreslením obrazu.

Pre kontrolu interpretácie boli použité analytické rozboru pôdnej textúry z povrchového A horizontu resp. z hĺbky (0,0-0,2m), pričom bola použitá vzorka 270 odobratých (polohová presnosť RMSE_{XY} 0,45m DGPS) analyzovaných vzoriek (stanovenie zrnitostného zloženia podľa Nováka, Fiala a iní 1999). Vlastný odber vzoriek bol realizovaný pôdnym vrtákom bodovo, resp. z dvoch až troch vrstev pre jedno odberné miesto. Modelová lokalita sa skladá zo 4 LPIS blokov (393 ha), pričom odberná sieť na jednom z ich bola vytvorená na základe zón vyčlenených na báze elektrickej vodivosti pôdy (nepravidelná), na ostatných blokoch bola vytýčená presná trojuholníková sieť so stranou 131,5 m. Hustota sa pohybovala na úrovni jedna vzorka na 1,46 ha. Analyzovaná bola frakcia ílu < 0,001 mm.

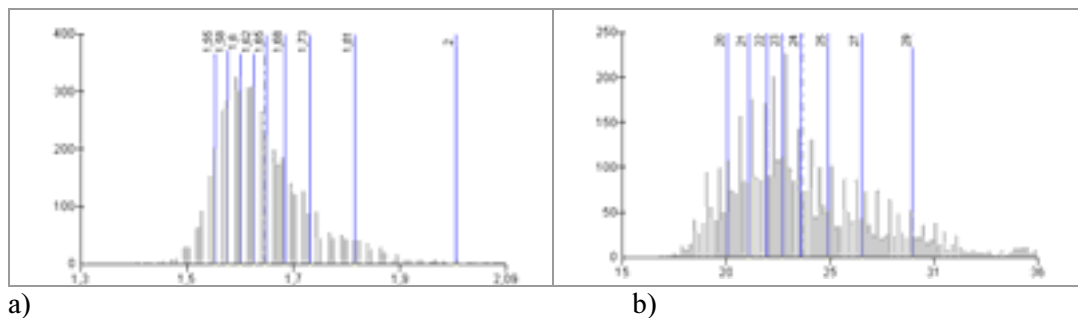
Priestorová variabilita stanovených hodnôt bola hodnotená geoštatistickými metódami (ordinary kriging) s následnou úpravou na požadovaný raster s priestorovým rozlíšením (veľkosť bunky) 30x30 m.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledkom analýzy priestorovej závislosti náhodnej premennej obsah ílu (%) geoštatistickými metódami (ordinary kriging) v prostredí ArcGISTM geostatistical analyst (Johnston a iní 2001) sú nasledovné hodnoty priestorovej variability: nugget 0, sill (partial) 0,042 a range 139. Výsledné rastre s jednotným priestorovým rozlíšením (30x30 m) boli vizualizované (obr. 3a, 3b) klasifikáciou (škálovaním) histogramu podľa kvantilových hodnôt do 10 tried (obr. 4a, 4b).

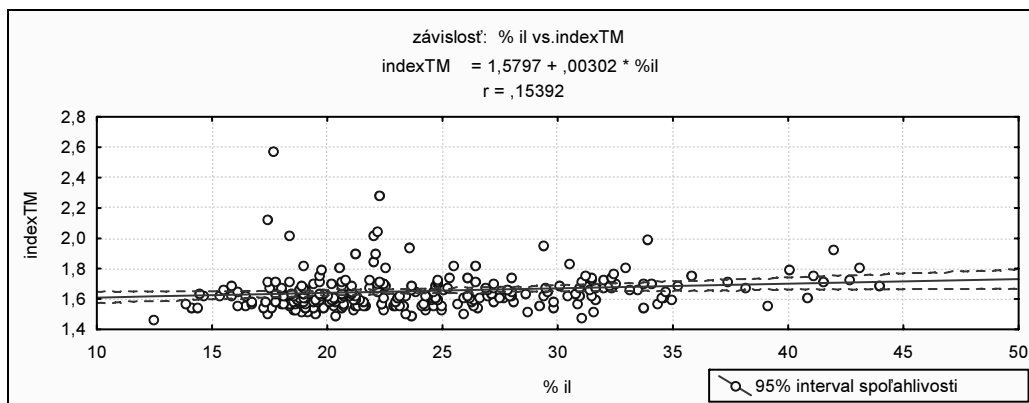


Obr. 3. Výsledok detekcie % obsahu ílu satelitného obrazového záznamu družice Landsat TM ako pomer odrazivosti v hyperspektrálnych oblastiach kanálov TM5/TM7 (3a). Výsledok priestorovej interpolácie (ordinary kriging) pozemných referenčných údajov analytického obsahu frakcie ílu (%) v jemnozemi povrchového A horizontu.



Obr. 4. Histogram (rozdelenie početnosti) výsledku podielu spektrálnej odrazivosti TM5/TM7 s následným škálovaním tried podľa kvantilových hodnôt (4a) Histogram % obsahu ílu výslednej priestorovej interpolácie s následným škálovaním tried podľa kvantilových hodnôt (4b)

Vzájomná korelácia výsledkov bola analyzovaná štatistickými metódami lineárnej regresie na sade 260 vzoriek, s výsledným hodnotami korelačného koeficientu 0,15 a koeficientu determinácie 0,02 (obr.5).



Obr. 5. Graf lineárnej regresie obsahu ílu a indexu TM5/TM7

ZÁVER

Využitie údajov diaľkového prieskumu Zeme predstavuje v súčasnosti významný nástroj získavania priestorových informácií pôdneho krytu. Ich neprekonateľnou výhodou je detailnosť

sledovanej informácie z pomerne rozsiahleho územia, rýchlosť zberu priestorových údajov, možnosť opakovaného zberu údajov z rôznych časových etáp atď.

Nami zvolený model nevystihuje v dostatočnej miere závislosť medzi referenčnými hodnotami % obsahu ílu a sledovaného indexu TM5/TM7. Pre štandardizáciu a hodnotenie parametrov pôdneho krytu je nevyhnutné dodržanie ďalších krokov, ako je analýza a komparácia satelitných obrazových záznamov z rôznych období, analýza straty spektrálnej integrity dát počas rektifikácie, hodnotenie vplyvu antropickej činnosti na dynamiku pozemných referenčných charakteristík pôdneho horizontu (vplyv orby, vplyv meliorácií atď.). Takto predstavuje DPZ vhodný doplnkový nástroj pre mapovanie a získavanie relevantných informácií pre široké uplatnenie v oblasti pôdoznalectva, ochrany životného prostredia a hodnotenia krajiny.

LITERATÚRA

- MULDRYCH, K. 1985. Dálkový průzkum Země. Praha: ČSAV, 1985. 142s.
- SOCIETAS PEDOLOGICA SLOVACA, 2000. Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia. Bratislava : VÚPOP, 2000. 76s.
- ERDAS, INC. 1999. Erdas Field Guide TM. Fifth edition. Atlanta, Georgia 30329-2137 USA. 672 p.
- FIALA, K. A INÍ. 1999. Závazné metódy rozborov pôd. ČMS – pôda. Bratislava: VÚPOP, 1999. 139s.
- JOHNSTON, K., VERHOEF, J. M., KRIVORUCHKO, K., LUCAS, N. 2001. Using ArcGIS Geostatistical Analyst. GIS by ESRI.380 New York Street, Redlans. USA. 300 p.

Podakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0242-06: „Identifikácia indikátorov a environmentálnych hrozieb pre tvorbu komplexných stratégií v oblasti životného prostredia, pôdohospodárstva a rozvoja vidieka“.

STANOVENIE AGRO-ENVIRONMENTÁLNYCH INDIKÁTOROV V SLOVENSKEJ REPUBLIKE PODĽA D-P-S-I-R ŠTRUKTÚRY

Radoslava Kanianska

*Slovenská agentúra životného prostredia, Tajovského 28, 975 90 Banská Bystrica,
e-mail:radoslava.kanianska@sazp.sk*

Abstrakt: Stanovenie agro-environmentálnych indikátorov v slovenskej republike podľa D-P-S-I-R štruktúry.

Indikátory sú efektívnym nástrojom monitorovania životného prostredia. Zaoberajú sa ním národné aj medzinárodné organizácie. Integrované hodnotenie životného prostredia je založené na tzv. kauzálnom D-P-S-I-R reťazci prijatom Európskou environmentálnou agentúrou, ktorý je rozšírením P-S-R modelu vytvoreného Organizáciou pre ekonomickú spoluprácu a rozvoj. Tento model bol zavedený aj na Slovensku. Na základe analýzy indikátorov EEA, OECD, Eurostatu a OSN bolo vytvorených 46 individuálnych agro-environmentálnych indikátorov, ktoré sú aktualizované v jednoročných intervaloch. Majú jednotnú štruktúru, zahŕňajú popis indikátora, hodnotenie trendov, vytýčené politické ciele vo vzťahu k indikátoru, medzinárodné porovnanie, odkazy k problematike. Sú východiskom pri spracovaní indikátorových správ. Indikátory a správy sú dostupné na informačnom portáli o životnom prostredí Enviroportál, ktorý umožňuje medzi nimi vzájomné interakcie.

KLúčové slová: Agro-environmentálne indikátory, D-P-S-I-R štruktúra

Abstract: Determination of agri-environmental indicators in the Slovak republic according to D-P-S-I-R structure.

Indicators are the most effective tool for the assessment of environment. National and international organisations deal with indicator evaluation. Evaluation is based on the causal D-P-S-I-R framework adopted by the European Environment Agency: Driving force (D), Pressure (P), State (S), Impact (I), Response (R), what is extension of P-S-R model developed by Organistaion for economic co-operation and developmaent. Evaluation based on environmental indicators according to D-P-S-I-R model was implemented also in Slovakia. There were set up 46 agri-environmental indicators according to analyses of EEA, OECD, Eurostat and UN indicators. Indicators are yearly updated. They are unic in structure and include descirption, trends, political objectives, interantional comaprision, references. Indicators are base for indicator reports. Indicators and reports are available on the environment portal Enviroportal which enables interactions between them.

Key words: Agri-environmental indicators, D-P-S-I-R structure

ÚVOD

Integráciu environmentálnej politiky do všetkých oblastí ekonomiky predpokladá článok 6 *Zmluvy o Európskom spoločenstve. Nástrojom monitorovania a hodnotenia* tohto procesu sú *indikátory*, ktoré by mali spĺňať kritériá politickej relevantnosti, analytickej jednoznačnosti a merateľnosti. Mali by vyjadrovať stav životného prostredia, krajiny, vývojové trendy a tvoriť objektívny podklad pre predikcie a budúce scenáre.

Integrované hodnotenie životného prostredia prebieha na národnej, aj medzinárodnej úrovni. Odvíja sa od základného výskumu, terénneho prieskumu a monitoringu krajiny a jednotlivých zložiek životného prostredia. Údaje sa získavajú aj štatistickým zisťovaním. Získané primárne údaje sú hodnotené buď priamo špecializovanými pracoviskami alebo inými odbornými inštitúciami, ktoré zbierajú údaje od rôznych špecializovaných pracovísk a spracúvajú integrované hodnotenia životného prostredia. Takými medzinárodnými organizáciami sú *Európska environmentálna agentúra, Organizácia pre ekonomický rozvoj a hospodársku spoluprácu, Štatistický úrad Európskeho spoločenstva* ako aj *Organizácia spojených národov*. Na Slovensku sa integrovaným hodnotením životného prostredia zaoberá *Slovenská agentúra životného prostredia*.

Hodnotenie životného prostredia *Európskou environmentálnou agentúrou (EEA)* vychádza zo súboru indikátorov nazývanom *Core set of indicators*, ktorého cieľom je vytvorenie schopnej a

trvalej základne na indikátorový reporting a v rámci nej vypracovanie každoročnej správy EEA Signal report. Ďalšie súbory indikátorov spracované EEA sú rozčlenené podľa tém. Niektoré sú zamerané na hodnotenie zložiek životného prostredia, ďalšie na hodnotenie procesu implementácie environmentálnych aspektov do sektorových politík, čo patrí medzi strategické priority EEA na roky 2004 až 2008. Sektorové indikátory tvoria podklad pre spracovanie indikátorových správ (<http://themes.eea.europa.eu/indicators>).

Organizácia pre ekonomický rozvoj a hospodársku spoluprácu (OECD) vytvorila súbor indikátorov - „súpravu nástrojov“ (tool kit), ktorá má napomáhať politikom pri ich rozhodovaniach vo veciach životného prostredia. Indikátory sú rozčlenené podľa tém (http://www.oecd.org/LongAbstract/0,3425,en_2649_34283_37551206_119656_1_1_37465,00.html).

Göteborgský summit Európskej rady (jún 2001), ktorý zdôraznil potrebu zabezpečiť lepšie štatistické podklady a zavedenie relevantných indikátorov na monitorovanie procesu integrácie a pokroku v oblasti trvalo udržateľného rozvoja inicioval v Štatistickom úrade Európskeho spoločenstva (EUROSTAT) vytvorenie súboru štrukturálnych indikátorov (Structural indicators) a indikátorov trvalo udržateľného rozvoja (Sustainable development indicators; http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1133,47800773,1133_47802588&_dad=portal&_schema=PORTAL).

Organizácia spojených národov (OSN) pre hodnotenie trvalo udržateľného rozvoja (TUR) prostredníctvom Komisie pre trvalo udržateľný rozvoj (UN CSD) navrhla a neskôr zrevidovala súbor ukazovateľov pre potreby monitorovania TUR na regionálnej, národnej a medzinárodnej úrovni (<http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/isd.htm>).

Gestorom indikátorového hodnotenia životného prostredia na Slovensku, jeho zložiek a vplyvov ekonomických sektorov na životné prostredie je v zmysle Rozpracovaného Programového vyhlásenia vlády SR v pôsobnosti Ministerstva životného prostredia SR (MŽP SR) na obdobie 2006 - 2010 *Slovenská agentúra životného prostredia (SAŽP)*. Podieľa sa tiež na odpočítaní plnenia niektorých cieľov TUR pomocou vybraných indikátorov zakotvených v Akčnom pláne trvalo udržateľného rozvoja v SR na roky 2005 – 2010.

MATERIÁL A METÓDY

Odborníci OECD navrhli hodnotiť situáciu v životnom prostredí prostredníctvom indikátorov agregovaných podľa významu do štruktúry *tlak (Pressure-P) - stav (State-S) - odozva (Response-R)*. Odborníci EEA do P-S-R štruktúry zapracovali ukazovatele *hnacích síl (Driving forces-D) a dôsledku (Impact-I)*, čím sa vytvoril uzavretý D-P-S-I-R kauzálny reťazec, predstavujúci základný metodologický nástroj integrovaného posudzovania životného prostredia (Integrated Environment Assessment - IEA), používaného pri posudzovaní stavu životného prostredia, jeho príčin, ako aj predpokladaných tendencií jeho vývoja do budúcnosti. Indikátory usporiadané na základe kauzálnych súvislostí do tzv. D-P-S-I-R reťazca poskytujú teoretickú základňu pre vypracovanie stručných komplexných indikátorových správ. Túto metódu integrovaného hodnotenia životného prostredia aplikuje na národnej úrovni aj SAŽP pod gesciou MŽP SR v spolupráci s rezortnými a mimorezortnými organizáciami.

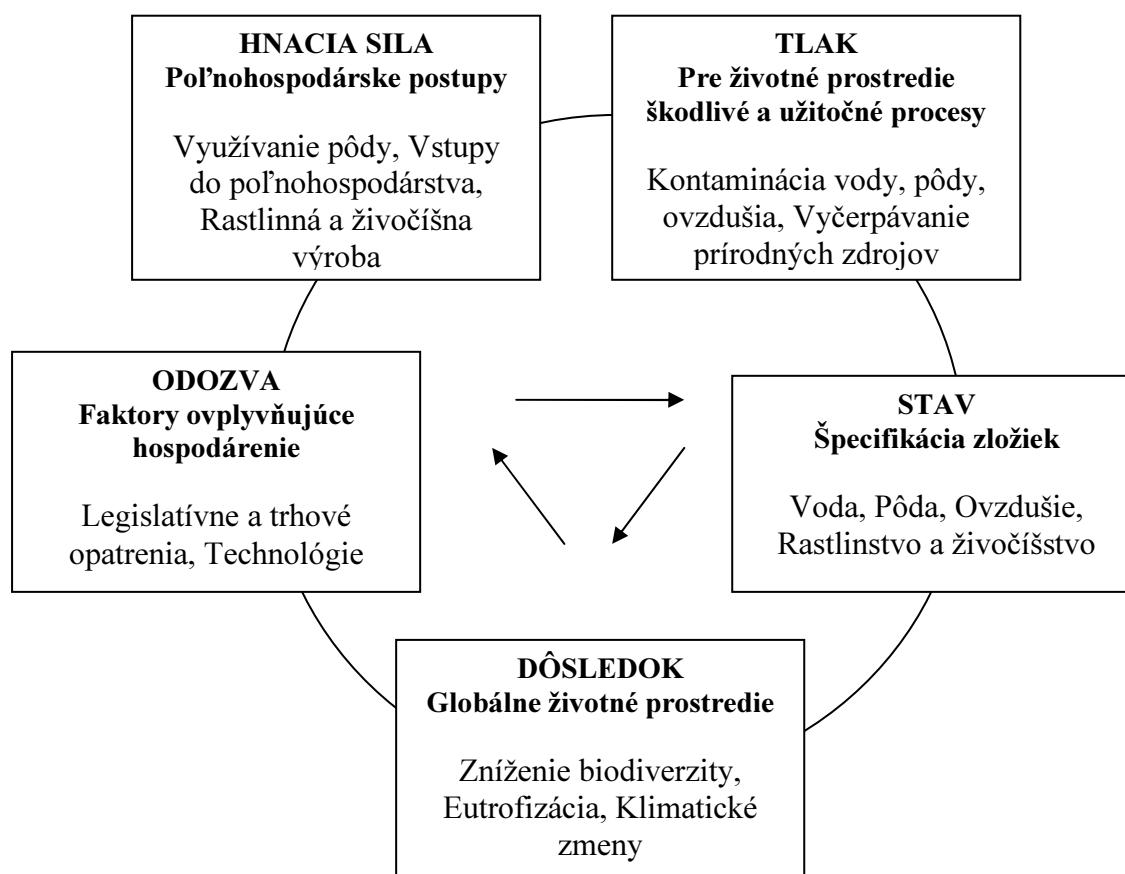
VÝSLEDKY

Na základe analýzy indikátorov vypracovaných EEA, OECD, EUROSTAT, OSN (UN CSD) a po zhodnotení možnosti vyhodnocovania indikátorov v podmienkach Slovenska, boli SAŽP vytvorené *súbory agregovaných a individuálnych environmentálnych indikátorov* podľa D-P-S-I-R štruktúry pre 6 vybraných ekonomických sektorov hospodárstva, medzi nimi aj poľnohospodárstvo. Takto vytvorené súbory indikátorov boli predložené na rezortné a mimorezortné pripomienkové konanie.

V rámci jednotlivých článkov D-P-S-I-R reťazca pre sektor poľnohospodárstva sa nachádza 46 *individuálnych indikátorov* (<http://enviroportal.sk/indikatory/kategoria.php?kategoria=124>), ktoré charakterizujú:

- *hnacie sily* ("driving forces"- *D*), t.j. spúšťacie mechanizmy procesov v spoločnosti – činnosť farmárov podriadená pravidlám trhovej ekonomiky a trendy ako sú intenzifikácia, špecializácia, marginalizácia, ktoré vyvolávajú;
- *tlak* ("pressure"- *P*) na životné prostredie v negatívnom (kontaminácia, vyčerpávanie prírodných zdrojov), prípadne v pozitívnom zmysle (produkcia obnoviteľných zdrojov energie), ktorý je bezprostrednou príčinou zmien v
- *stave životného prostredia* ("state"- *S*). Zhoršovanie stavu životného prostredia – jeho zložiek má zvyčajne za následok negatívny
- *dôsledok* ("impact"- *I*) na zdravie človeka, biodiverzitu, funkcie ekosystémov, čo logicky vedie k formulovaniu opatrení a nástrojov v spoločnosti zameraných na eliminovanie, resp. nápravu škôd v životnom prostredí v poslednom článku tohto kauzálneho reťazca - ktorým je
- *odozva* ("response"- *R*).

D-P-S-I-R model pre poľnohospodárstvo je zjednodušeným vyjadrením reality. Existujú ďalšie vzťahy a faktory (napr. sociálne–ekonomické) významne ovplyvňujúce životné prostredie, ktoré v modeli nie sú plne zahrnuté.



Obr. 1. D-P-S-I-R model na príklade agregovaných indikátorov pre sektor poľnohospodárstva

Indikátory majú jednotnú štruktúru, zahŕňajú popis indikátora, hodnotenie trendov, vytýčené politické ciele vo vzťahu k indikátoru, medzinárodné porovnanie, odkazy k problematike. Deväť z uvedených indikátorov zároveň patrí do súboru indikátorov TUR.

Pre zachovanie aktuálnosti sú indikátory aktualizované v jednoročných intervaloch, aby mohli prispievať k objektívnemu vyhodnocovaniu plnenia cieľov stanovených v sektorových politikách,

v politike TUR a k prijímaniu relevantných politických rozhodnutí. Pre tento účel sú na základe indikátorov vypracovávané tzv. indikátorové správy, ktoré hodnotia vplyv ekonomického sektoru na životné prostredie.

Tab. 1. Zoznam agregovaných a individuálnych agro-environmentálnych indikátorov v SR podľa D-P-S-I-R modelu

Postavenie v D-P-S-I-R* štruktúre	Agregovaný indikátor	P.č.	Individuálny indikátor	
Hnacia sila	Využívanie pôdy	1.	Zmeny vo využívaní pozemkov	
		2.	Štruktúra využívania poľnohospodárskej pôdy	
		3.	Orná pôda na jedného obyvateľa	
	Rastlinná a živočíšna výroba	4.	Počty hospodárskych zvierat	
		5.	Rastlinná a živočíšna produkcia	
	Vstupy do poľnohospodárstva	6.	Spotreba priemyselných hnojív	
		7.	Spotreba maštalného hnoja	
		8.	Spotreba pesticídov	
		9.	Konečná spotreba palív a energie v pôdohospodárstve	
		10.	Zavlažované územia	
Tlak	Kontaminácia a degradácia	11.	Bilancia dusíka	
		12.	Aplikácia čistiarenského kalu do pôdy	
		13.	Kontaminácia pôdy	
		14.	Acidifikácia pôdy	
		15.	Zhutňovanie pôdy	
		16.	Zasolené a zamokrené oblasti	
		17.	Emisie amoniaku z poľnohospodárstva	
		18.	Emisie skleníkových plynov z poľnohospodárstva	
		19.	Odpady z pôdohospodárstva	
		20.	Odpadové vody z poľnohospodárstva	
	Vyčerpávanie prírodných zdrojov	21.	Odbery vody v poľnohospodárstve	
		22.	Erózia pôdy	
		23.	Zmeny krajinej pokrývky	
		24.	Genetická diverzita plodín a plemien	
	Prínos pre životné prostredie	25.	Územia vysokej prírodnej hodnoty	
		26.	Obnoviteľné zdroje energie z poľnohospodárstva	
	Environmentálna efektívnosť poľnohospodárstva	27.	Environmentálna efektívnosť poľnohospodárstva vzhľadom na spotrebu palív, tepla a elektriny v pôdohospodárstve	
		28.	Environmentálna efektívnosť poľnohospodárstva vzhľadom na emisie skleníkových plynov z poľnohospodárstva	
		29.	Environmentálna efektívnosť poľnohospodárstva vzhľadom na využívanie vody v poľnohospodárstve	
		30.	Environmentálna efektívnosť poľnohospodárstva vzhľadom na celkový objem vypúšťaných odpadových vôd z poľnohospodárskej činnosti	
		31.	Environmentálna efektívnosť poľnohospodárstva vzhľadom na množstvo odpadov vyprodukovaných z pôdohospodárstva	
	Stav	Biodiverzita	32.	Biodiverzita poľnohospodárskej krajiny
		Pôda	33.	Organický uhlík v pôde
		Voda	34.	Kvalita povrchovej vody z pohľadu poľnohospodárstva
			35.	Kvalita podzemnej vody z pohľadu poľnohospodárstva
	Ovzdušie	36.	Hladina podzemnej vody z pohľadu poľnohospodárstva	
		37.	Kvalita ovzdušia z pohľadu poľnohospodárstva	
	Dôsledok	Podiel poľnohospodárstva na využívaní vody a emisiách	38.	Podiel poľnohospodárstva na využívaní vody
			39.	Podiel poľnohospodárstva na emisiách skleníkových plynov a amoniaku
		Environmentálne problémy	40.	Dezertifikácia
			41.	Eutrofizácia vôd z pohľadu pôdy a poľnohospodárstva
42.			Klimatické zmeny z pohľadu pôdy a poľnohospodárstva	
Odozva	Ekologické poľnohospodárstvo	43.	Výmera poľnohospodárskej pôdy v ekologickom poľnohospodárstve	
	Ochranné opatrenia	44.	Poľnohospodárske pôdy v chránených územiach	
		45.	Územia s agro-environmentálnou podporou	
		46.	Legislatívne predpisy súvisiace so životným prostredím za sektor poľnohospodárstva	

Pozn.: *D – driving force – hnacia sila *P – pressure – tlak
*R – response – odozva

*S – state – stav

*I – impact – dopad

Indikátory vychádzajú z údajov získaných z odborných inštitúcií či výskumných ústavov. Primárne boli získané z monitoringu životného prostredia a štatistického zisťovania. Jeden indikátor - Zmeny krajinej pokrývky využíva výsledky získané z projektu Corine Land Cover, ktorý bol koordinovaný EEA. V rámci projektu boli hodnotené zmeny krajinej pokrývky aj poľnohospodárskej krajiny na základe porovnávania satelitných snímok z roku 1990 a 2000.

Indikátorové hodnotenie životného prostredia technicky plne využíva možnosti šírenia informácií elektronickými médiami. Všetky doteraz spracované indikátory a indikátorové správy sú vystavené na *informačnom portáli o životnom prostredí Enviroportál*, aby mohli slúžiť a boli ľahko dostupné cieľovej skupine, ktorou sú politici, odborníci, študenti či široká verejnosť angažujúca sa vo veciach životného prostredia. Prostredie Enviroportálu navyše umožňuje vzájomné interakcie medzi jednotlivými produktmi, indikátormi a správami navzájom (<http://enviroportal.sk/indikatory/>).

LITERATÚRA

INDICATORS ABOUT EUROPE'S ENVIRONMENT. European Environment Agency [on-line]. c1995 - 2008, [cit. 2008-08-13]. Dostupné na internete <<http://themes.eea.europa.eu/indicators>>

KEY ENVIRONMENTAL INDICATORS 2008. Organisation for Economic Co-operation and Development [on-line]. c2008, [cit. 2008-08-13]. Dostupné na internete <http://www.oecd.org/LongAbstract/0,3425,en_2649_34283_37551206_119656_1_1_37465,00.html>

STRUCTURAL INDICATORS. Eurostat [on-line]. [cit. 2008-08-13]. C2008, Dostupné na internete:<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1133,47800773,1133_47802588&_dad=portal&_schema=PORTAL>

INDICATORS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT United Nations [on-line]. c2008, naposledy aktualizované v januári 2008, [cit. 2008-08-13]. Dostupné na internete <<http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/isd.htm>>

INDIKÁTORY ŽP – POĽNOHOSPODÁRSTVO A ŽP. Slovenská agentúra životného prostredia [on-line]. c2008, [cit. 2008-08-13], Dostupné na internete <<http://enviroportal.sk/indikatory/kategoria.php?kategoria=124>>

INDIKÁTORY. Slovenská agentúra životného prostredia [on-line]. c2008, [cit. 2008-08-13]. Dostupné na internete <<http://enviroportal.sk/indikatory/>>

ATRIBÚTY KRAJINY VO VZŤAHU K JEJ HYDRICKÝM FUNKCIÁM

Tomáš Lepeška

Inštitút výskumu krajiny a regiónov, Ústav vedy a výskumu, Univerzita Mateja Bela, Cesta na amfiteáter 1, 947 01 Banská Bystrica

Katedra aplikovanej ekológie, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Technická univerzita vo Zvolene, T. M. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail:tomaslepeska@yahoo.com

Abstrakt: Atribúty krajiny vo vzťahu k jej hydrickým funkciám.

Príspevok poskytuje prehľad o vlastnostiach krajiny vo vzťahu k jej hydrickým funkciám. Ide o prvky a zložky krajiny, ktoré najväčšou mierou ovplyvňujú zadržiavanie a infiltráciu atmosférických zrážok. V práci sme sa sústredili na významné vlastnosti prostredia vo vzťahu k vodám, ako hydrogeologické podmienky, klimatické podmienky, geomorfologické charakteristiky, pôdne pomery, charakteristiky lesných porastov i nelesnej krajiny. Hodnotenie hydrických funkcií krajiny nadobúda aktuálnosť v kontexte tvorby plánov integrovaného manažmentu povodí, ako aj pri tvorbe protipovodňových programov. Pochopenie hydrických funkcií, vhodný manažment niektorých zložiek krajiny a ľudských aktivít, ktoré sa v nej vykonávajú, môže pomôcť znížiť povodňové škody a zabezpečiť dostatok kvalitných vodných zdrojov tak pre ekosystémy, ako aj pre socioekonomickú sféru.

Kľúčové slová: hydrické funkcie krajiny, vlastnosti prostredia, vodné zdroje, povodie, integrovaný manažment povodí

Abstract: Attributes of landscape in relation to its hydric functions.

Article provides a review of landscape attributes in relation to its hydric functions. There are landscape elements and components concerned, that significantly influencing the infiltration and detention of atmospheric precipitations. We have focused on hydrogeologic conditions, meteorologic conditions, soil characteristics and on forest and non-forest landscape characteristics. Landscape's hydric functions evaluation is actual in context of integrated river basin management plans and anti-flood strategies elaboration. The understanding of hydric functions of landscape, suitable management of landscape components and human activities, could help to decrease of flood damage and to secure sufficiency of quality water resources for ecosystems, as well as for socioeconomic sphere.

Key words: hydric functions of landscape, environment attributes, water resources, river basin, integrated river basin management

ÚVOD

Pod hydrickými funkciami krajiny rozumieme jej schopnosť spomaľovať, zadržiavať atmosférické zrážky a podporovať ich vsakovanie do spodných vrstiev. Ide o vplyv krajiny na odtok vody, prejavujúci sa vo vyrovnávaní odtokových extrémov a v znižovaní veľkých, povodňových prietokov. Hydrické funkcie krajiny závisia od celého komplexu účinkov jednotlivých prvkov a zložiek, ktoré ju tvoria, na hydrologický cyklus.

Pri hodnotení celkovej hydrickej funkcie krajiny sme sa sústredili na jej významné komponenty vo vzťahu k spomaleniu, zadržaniu atmosférických zrážok a k ich infiltrácii. Ide najmä o transmisivitu (prietočnosť) horninového prostredia, priemerný ročný úhrn zrážok, priemerný ročný úhrn potenciálnej evapotranspirácie, sklonitostné pomery územia, typy a druhy pôd, zloženie, štruktúru, zdravotný stav, stabilitu a pôvodnosť lesných porastov, charakteristiku a štruktúru nelesnej krajiny.

Hodnotenie hydrických funkcií krajiny by malo vždy prebiehať na úrovni povodí, teda v územiach s prirodzenými hranicami. K (integrovanému) hodnoteniu krajiny na báze povodí nabáda i rad dokumentov, napríklad smernica č. 2000/60/EC (tzv. Rámcová smernica o vode, prijatá Európskym parlamentom a Radou).

MATERIÁL A METÓDY

Každý vybraný vlastnosť prostredia (typ a druh pôdy, transmisivita horninového prostredia atď.) bola na základe jej kvality, resp. výnimočnosti priradená bodová hodnota. Významnosť prostredia a ich vzťah k infiltrácii a zadržaniu atmosférických zrážok s významom: výnimočným (+2; +2,5; resp. +3), veľkým (+1; pri lesných porastoch +1,75), miernym/stredným (0; pri kategórii lesných porastov +1,5), nízkym (-1; pri lesných porastoch 0), veľmi malým (-2; pri kategórii lesných porastov -0,25) a žiadnym (-3, resp. -4). Každá vlastnosť prostredia má, vo vzťahu k iným vlastnostiam, inú váhu. Čím bola vlastnosť prostredia dôležitejšia, tým jej bol priradený vyšší váhový faktor.

Atribúty krajiny

Hydrogeologické charakteristiky

Hydrogeologické pomery boli hodnotené na základe transmisivity horninového prostredia (T), čo predstavuje schopnosť celej zvodnenej vrstvy prepúšťať vodu. Koefficient transmisivity sa udáva v $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (Fendeková et al. 1995). Horninové prostredie môže byť na základe transmisivity rozdelené do štyroch kategórií (modifikované podľa Beara 1988), na horniny s:

- veľmi vysokou transmisivitou ($T > 1.10^{-2} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$): prevažne tvorené pieskami a štrkami (+2 body);
- vysokou transmisivitou ($T = 1.10^{-3} - 1.10^{-2} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$): väčšinou ich tvoria glaciáluviálne sedimenty, piesky riečnych terás, tmavé a tmavosivé vápence a pod. (+1 bod);
- miernou transmisivitou ($T = 1.10^{-4} - 1.10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$): môžu byť tvorené vrstevnatými ílovitými vápencami, slieňovcami, pieskovcami atď. (0 bodov);
- nízkou transmisivitou ($T < 1.10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$): väčšinou tvorené leukokrátymi granitoidmi, granitmi, granodioritmi, rulami a svormi (-1 bod).

Pôdne pomery

Pri hodnotení schopnosti pôd infiltrovať sme sa pri pôdnych pomeroch sústredili na pôdne druhy a pôdne typy. Pôdne druhy boli na základe zrnitosti (Zachar 1982; Brown 2003) rozdelené do siedmych kategórií:

- piesčité pôdy (+3 body);
- hlinito-piesčité pôdy (+2 body);
- piesčito-hlinité pôdy (+1 bod);
- hlinité pôdy (0 bodov);
- ílovito-hlinité pôdy (-1 bod);
- ílovité pôdy (-2 body);
- íl (-3 body).

Pôdne typy boli rozdelené podľa ich schopnosti zadržiavať vodu (Bedrna 2002) do troch kategórií:

- slabá (-1 bod) – napríklad podzoly modálne, kambizeme podzolové, litozeme a rankre. V závislosti od druhu pôdy sem môžeme zaradiť i rendziny a kambizeme rendzinové, kambizeme modálne a kultizemné nasýtené až kyslé a kambizeme modálne kyslé;
- stredná (0 bodov) – môžeme sem zaradiť napríklad rendziny kultizemné a organogénne, pararendziny kambizemné, černoze luvizemné, modálne a kambizemné, podzoly glejové a podobne;
- silná (+1 bod) – sem môžeme zaradiť napríklad organozeme, regozeme pseudoglejové, kambizeme glejové, pseudogleje modálne, pseudogleje rubifikované, pseudogleje

stagnoglejové, čiernice slancové a slaniskové, kultizeme glejové, hnedozeme pseudoglejové a pod.

Klimatické pomery

Rozhodujúcim zdrojom vody v našich podmienkach sú atmosférické zrážky. Z nich sú najdôležitejšie najmä dážď a sneh, teda vertikálne zrážky. V polohách s častou tvorbou hmiel, prípadne vo vyšších nadmorských výškach vzniká kondenzácia vodných pár ich mechanickým narážaním na povrch drevín, lístia a ihličia. V týchto územiach sa na zrážkových úhrnoch významnou mierou podieľajú horizontálne zrážky (Fojt a Krečmer 1975). Aby sme zistili celkové množstvo atmosférických zrážok, ktoré sú potenciálne zadržateľné v krajine, musíme od úhrnu priemerných ročných zrážok odčítať úhrn priemernej ročnej potenciálnej evapotranspirácie:

$$Z_Z = Z_I - E_0$$

kde Z_Z – množstvo zrážok potenciálne zadržateľných v krajine (mm); Z_I – priemerný ročný úhrn atmosférických zrážok (mm); E_0 – priemerný ročný úhrn potenciálnej evapotranspirácie (mm).

Navrhujeme rozdeliť krajinu, resp. povodia podľa koeficientu Z_Z do kategórií:

- územia s hodnotami Z_Z 1101 mm a viac (+2 body);
- územia s hodnotami Z_Z 451-1100 mm (+1 bod);
- územia s hodnotami Z_Z 0-450 mm (0 bodov);
- územia s hodnotami Z_Z -450 až 0 mm (-2 body);
- územia s hodnotami Z_Z nižšími ako -451 mm (-3 body).

Geomorfologické pomery

Jeden z najdôležitejších geomorfologických faktorov, ktoré vplývajú na intenzitu vsakovania a zadržanie atmosférických zrážok je sklon svahu. Všeobecne môžeme povedať, že so vzrastajúcim sklonom svahu pri inak rovnakých podmienkach klesá infiltrácia atmosférických zrážok – na úkor povrchového odtoku. Navrhujeme vyčleniť päť kategórií sklonov a prisúdiť im nasledovné hodnoty významnosti:

- sklon 0-7,0° (+2 body);
- sklon 7,1-18,0° (+1 bod);
- sklon 18,1-31,0° (0 bodov);
- sklon 31,1-50,0° (-1 bod);
- sklon 50,1° a viac (-2 body).

Charakteristiky lesných porastov

Hydrické funkcie lesných porastov boli hodnotené na základe stupňa ekologickej stability. Lesné ekosystémy sme na jeho základe rozdelili do piatich kategórií (podľa Kullu et al. 2006):

- vysoko stabilné ekosystémy (+2 body);
- stabilné ekosystémy (+1,75 bodu);
- ekosystémy so zníženou stabilitou (+1,5 bodu);
- nestabilné ekosystémy (0 bodov);
- extrémne narušené ekosystémy (-0,25 bodu).

Charakteristika nelesnej krajiny

Ako základ pre identifikáciu jednotlivých typov nelesnej krajiny sme použili výsledky mapovania krajiny pokrývky v rámci programu CORINE land cover (SAŽP 2004). Definície jednotlivých tried krajiny pokrývky sú publikované v prácach Heymann et al. (1994) a Feranec a

Oťaheľ (2001). Podľa schopnosti jednotlivých typov krajinej pokrývky infiltrovať atmosférické zrážky do pôdy sme vytvorili päť kategórií:

- trvalé trávne porasty (areály lúk, pasienkov, prirodzených lúk), prechodné lesokroviny (+2,5 bodu);
- poľnohospodárska krajina s výrazným zastúpením prirodzenej vegetácie, areály trvalých poľnohospodárskych plodín (+2 body);
- mozaika polí, lúk a trvalých kultúr (+1 bod);
- orná pôda (-1 bod);
- lesné cesty (nespevnené) (-3 body);
- umelá zástavba, skaly (-4 body).

Konečná významnosť krajiny z hľadiska jej hydrických funkcií (resp. z hľadiska zadržiavania atmosférických zrážok a ich infiltrácie) bude určená po súčine stupňov významnosti prírodného faktora a jeho váhy. Stručný prehľad významnosti jednotlivých faktorov krajiny a ich váhy je uvedený v tabuľke 1.

Tab. 1: Schéma určovania významnosti hydrických funkcií krajiny.

Faktor č.	Váha faktora	Názov faktora	Rozsah faktora
1.	1,5	hydrogeologické pomery – H	-1 až +2
2.	2,5	pôdne typy – Pt	-1 až +1
3.	3	pôdne druhy – Pd	-3 až +3
4.	4	zrážky – Z_Z	-3; -2; 0 až +2
5.	3	sklon – S	-2 až +2
6.	3,5	lesné porasty – L	-0,25; 0; +1,5; +1,75; +2
7.	2	nelesná krajina – N	-4; -3; -1; +1; +2; +2,5

Výslednú významnosť hydrických funkcií krajiny – V_H vypočítame:

$$V_H = 1,5H + 2,5Pt + 3Pd + 4Z + 3S + 3,5L + 2N$$

kde V_H je významnosť prostredia z hľadiska infiltrácie a retencie zrážok; H je faktor hydrogeologických pomerov; Pt je faktor pôdnych typov; Pd je faktor pôdnych druhov; Z_Z je faktor zrážok, ktoré môžu infiltrovať do pôdy a byť zadržané v krajine; S je faktor sklonitosti územia; L je faktor lesných porastov a N je faktor nelesnej krajiny

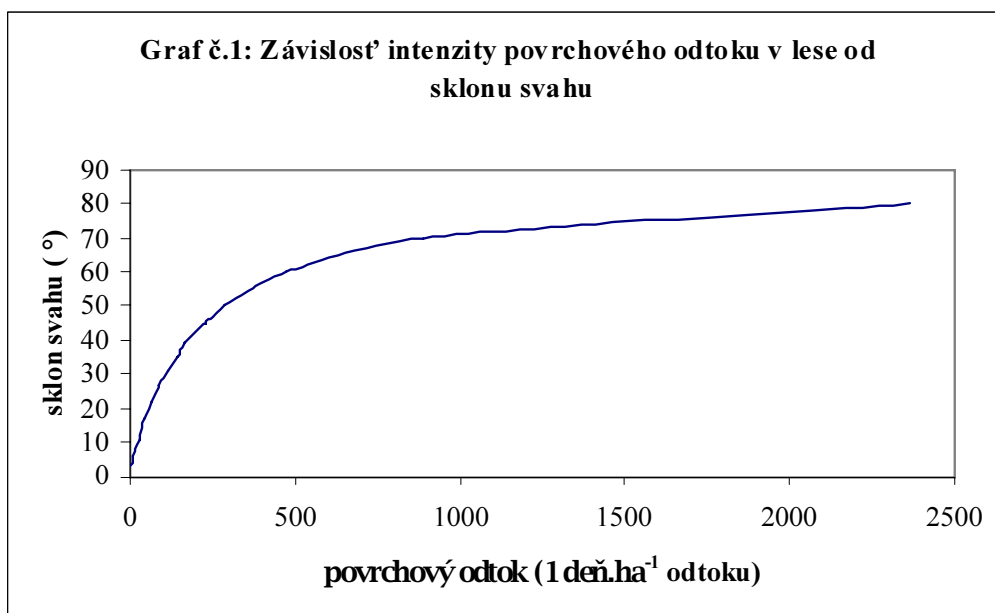
VÝSLEDKY

Váhový faktor sme udeľovali na základe jeho významnosti vo vzťahu k ďalším faktorom (atribútom) krajiny. Za najdôležitejší faktor pokladáme *zrážky* (váhový faktor 4), ktoré sú nositeľmi vody, ktorú chceme v krajine zadržať. Ako najmenej významné oblasti z hľadiska hydrickej účinnosti (-2 a -3 body) sme zvolili oblasti, kde úhrn priemernej ročnej potenciálnej evapotranspirácie je vyšší, ako priemerný ročný úhrn zrážok. Oblasti, ktoré sme zaradili do kategórie s miernou významnosťou (0 bodov), sú oblasti s veľmi premenlivými úhrnmi zrážok a evapotranspirácie, čo taktiež bolo brané pri udeľovaní významnosti faktora. U nás sú to väčšinou oblasti kotlín a nížin. Hranicu koeficientu Z_Z 451-1100 mm približne predstavujú úhrny v horských oblastiach (oblasti nad izohypsou 800 m n. m., Midriak 2005), ktoré majú úhrny zrážok a evapotranspirácie vyrovnanjšie, v porovnaní s kotlinami, či nížinami. Hranicu ďalšieho koeficientu $Z_Z = 1101$ mm a viac, sme zvolili na základe toho, že v oblasti s týmto využiteľným úhrnom zrážkovej vody ležia väčšinou v nadmorských výškach nad 900-1100 m n. m., ktoré sú typické výdatnosťou horizontálnych aj vertikálnych zrážok (Fojt a Krečmer 1975). Táto nadmorská výška u nás predstavuje spodnú hranicu prirodzeného výskytu smreka a väčšiu časť areálu prirodzeného rozšírenia hlavných porastotvorných ihličnatých drevín (Hančinský 1972). Práve

ihličnaté dreviny budú najviac postihnuté obdobiami sucha, očakávaných vo vzťahu s dopadmi globálnej zmeny. V týchto oblastiach je možné očakávať vplyvom globálnej zmeny pokles ekologickej stability lesných ekosystémov (Mind'áš a Škvarenina 2003), čo spôsobí zníženú funkciu druhého najdôležitejšieho faktora hydrickej účinnosti krajiny – lesných porastov.

Lesné porasty (váhový faktor 3,5) majú v hodnotení hydrickej funkcie krajiny svoje nezastupiteľné miesto. Na vzájomné súvislosti medzi lesmi a kvalitou vôd, množstvom a dostupnosťou vodných zdrojov poukázalo mnoho autorov (Lee 1980; Midriak 1988, 1993; Miyazaki 1988; Lewis et al. 2001, Chang 2003 a ďalší). Pri hodnotení lesných porastov a ich vplyvu na infiltráciu zrážok sme vychádzali z predpokladu, že najvýznamnejší potenciál zadržiavať zrážky majú zdravé lesné porasty so stanovištne vhodným drevinovým zložením, vyhovujúcou štruktúrou, zakmenením a rovnomerným zastúpením jednotlivých vekových stupňov (Valtýni 2001). Tieto faktory sú zohľadňované pri počítaní stupňa ekologickej stability (Kulla et al. 2006) a preto môžeme povedať, že čím je daný porast stabilnejší, tým lepšie plní hydrické (vodohospodárske) funkcie. Stupeň ekologickej stability lesných porastov, ako komplex faktorov vplývajúcich na hydrickú funkciu lesa, má výhodu ešte v tom, že podobne ako ostatné faktory prostredia, je dobre mapovateľný a databáza s údajmi i mapovými podkladmi sú relatívne dostupné.

Geomorfologické pomery (váhový faktor 3). Vplyv reliéfu na intenzitu vsakovania atmosférických zrážok bol popísaný viacerými autormi najmä v súvislosti s vodnou eróziou pôdy (Zachar 1982; Midriak 1988, 1990, 1993; Šály a Midriak 1998). Midriak (1988, 1993) uvádza, že pri zväčšovaní sklonu svahu sa znižuje intenzita infiltrácie, zväčšuje sa povrchový odtok, a to zväčša bez ohľadu na drevinové zloženie porastu. Kategórie sklonov boli určené na základe krivky závislosti povrchového odtoku v lese od sklonu svahu – graf 1 (Midriak 1988). Z uvedenej krivky vyplýva, že približne do sklonu 7° nedochádza k povrchovému odtoku (zrážková voda vsakuje do pôdy), nad 7° do približne 18° pozvoľne narastá intenzita povrchového odtoku skoro lineárne, ďalší bod, pri ktorom je zreteľné zvýšenie intenzity povrchového odtoku je približne sklon svahu 31°. Ako posledný inflexný bod sme zvolili sklon svahu 50°, pri ktorom zrážky vsakujú do pôdy len v malom množstve.



Graf 1. Závislosť intenzity povrchového odtoku v lese od sklonu svahu.

Intenzita infiltrácie atmosférických zrážok do *pôdneho prostredia* závisí najmä na zrnitosti pôdy (váhový faktor 3) (Zachar 1982; Leeper a Uren 1993), pokiaľ možnosť zadržania zrážok závisí na pôdnom type (váhový faktor 2,5) a množstve humusu, ktorý obsahuje (Zachar 1982; Charman a Murphy 1998). Schopnosť pôdy zadržiavať vlahu závisí predovšetkým od zrnitosti a obsahu organických látok v pôde (Zachar et al. 1984 a i.). Pôdy ľahké skeletnaté (piesčité,

štrkovité, kamenisté) s nízkym obsahom humusu a organických látok rýchlejšie a vo väčšom rozsahu vysychajú a naopak, pomalšie a v menšej miere sa zamokria. Súvisí to predovšetkým s kapilárnym vzlínaním vody z hladiny podzemnej vody, s menším rozsahom redukčných procesov v kompaktných väčších zrnách prvotných minerálov, s väčšou stratou vody vyparovaním a pod. Pôdy ťažké s vyšším obsahom organických látok a humusu pomalšie vysychajú a rýchlejšie sa zamokria. Vegetačný kryt zvyšuje hydrickú účinnosť pôd. Obnažená pôda (orná pôda a pod.) nemá taký význam vo vzťahu k infiltrácii a retencii zrážok ako napríklad lesné pôdy, alebo pôdy pod trvalými trávnyimi porastmi.

Schopnosť jednotlivých typov *nelesnej krajiny* (váhový faktor 2) infiltrovať a zadržať zrážkovú vodu závisí okrem uvedených zložiek, resp. vlastností prírodného prostredia i od druhu a intenzity jej využívania človekom. Aktivity súvisiace s využívaním jednotlivých typov krajiny ovplyvňujú napríklad zloženie vegetačného krytu, charakter povrchu krajiny, hutnosť pôd (poľnohospodárske mechanizmy, turistika, pasenie dobytku) a tým i jej hydrické funkcie. Znížená možnosť jednotlivých typov nelesnej krajiny infiltrovať zrážkovú vodu oproti lesným porastom závisí i od menšieho podielu humusu v pôde. Platí, že so zväčšujúcou sa hrúbkou nadložného humusu sa zvyšuje intenzita infiltrácie zrážok a klesá i povrchový odtok. Podľa výskumov Midriaka (1993) na úplnú elimináciu povrchového odtoku postačuje cca 6 cm hrubá vrstva nadložného humusu. O význame humusu vo vzťahu k infiltrácii zrážok pojednávalo viacero autorov (napr. Zachar 1982; Midriak 1988, 1990, 1993; Šály & Midriak 1998).

Na základe výstupov z mapovania v rámci projektu CORINE land cover (SAŽP 2004) sme vytvorili nasledovné základné kategórie:

- umelé povrchy - ako jeden z typov súčasnej krajinej pokrývky sú z hľadiska hydrologickej účinnosti aktívneho povrchu nevhodné. Sú charakteristické značne zmenenými hydrologickými pomermi na báze čiastkových povodí (kanalizácie, zberné jarky, cestná sieť a pod.), zásahmi do vodných tokov (úpravy koryta, brehov, odstránenie mokradných ekosystémov atď.), vysokou výmerou územi s povrchmi, ktoré majú nulovú schopnosťou infiltrovať zrážky (cesty, chodníky, parkoviská, ihriská, športové areály) atď. Do tejto kategórie sme zaradili aj areály súvislej a nesúvislej zástavby, priemyslu, ciest, železníc, skládok, ťažby a areály športu a voľného času. Sem môžeme zaradiť i areály skál a areály s riedkou vegetáciou. Tejto kategórii sme preto z hľadiska ich schopnosti infiltrovať zrážky priradili najnižšiu hodnotu;
- nespevnené lesné cesty – majú oproti predchádzajúcej kategórii o niečo väčšiu schopnosť vsakovať zrážkovú vodu, i keď toto množstvo vody je veľmi malé a zväčša dochádza k škodlivému sústredenému odtoku po ich povrchu (Midriak 1993);
- orná pôda - vo vzťahu k infiltrácii zrážok sú pre ňu typické jednorôčné kultúry, vysoký stupeň zhutnenia pôdy súvisiaci s pohybom poľnohospodárskych mechanizmov, nízky obsah humusu (v porovnaní s TTP), vegetačný kryt s nízkou protieróznou účinnosťou a vyskytujúci sa len počas malej časti roka, rýchle striedanie poľnohospodárskych kultúr s rôznym protieróznym (infiltračným) účinkom a pod. Pri hodnotení schopnosti orných pôd (nezávisle od ich zrnitosti a typov) vo vzťahu k infiltrácii atmosférických zrážok, môžeme vo všeobecnosti vychádzať z tvrdenia, že tieto po relatívne dlhodobom odlesnení, viac alebo menej intenzívnom obrábaní majú nižšiu schopnosť vsakovania zrážok oproti iným typom využívania krajiny, ktoré majú trvalý vegetačný kryt;
- mozaika polí, lúk a trvalých kultúr – podľa Feranca a O’ahel’a (2001) ide o mozaiku malých parciel (do 25 ha) s rôznorodým zastúpením jednorôčných plodín, pasienkov a trvalých kultúr. Oproti kategórii ornej pôdy ide o komplex hydrologicky účinnejších povrchov;
- poľnohospodárska krajina s výrazným zastúpením prirodzenej vegetácie, areály trvalých poľnohospodárskych plodín – podľa Feranca a O’ahel’a (2001) ide o mozaiku plôch s výmerou do 25 ha, kde sa popri menšom zastúpení poľnohospodárskych areálov, nachádzajú areály prirodzenej vegetácie, lesov, vodných plôch, mokradí, slatín, trávnych porastov a pod.;

- trvalé trávne porasty (areály lúk, pasienkov, prirodzených lúk), prechodné lesokroviny - areály lúk a pasienkov sme spoločne zaradili do kategórie trvalé trávne porasty (TTP). Okrem produkčnej plnia celý rad mimoprodukčných funkcií. Jednou z najhlavnejších je vodohospodárska funkcia. Rychnovská et al. (1985) uvádza, že zapojený mačínový porast má priemerne o 10% vyššiu pórovitosť než orná pôda, má lepšiu štruktúru, čo umožňuje plynulé vsakovanie atmosférických zrážok. Mnoho autorov zastáva názor, že z hľadiska infiltrácie a retencie atmosférických zrážok pôsobia trvalé trávne porasty najvýznamnejšie z nelesných vegetačných krytov. Obsah humusu (ako dôležitý znak pôd z hľadiska infiltrácie) i celkovej organickej hmoty je v pôdach TTP väčší než v poľných podmienkach, čo je podmienené hlavne vyššou vlhkosťou pôdy (Lichner et al. 1977). Areály prechodných lesokrovín sa nachádzajú na okrajoch trvalých trávnych porastov, pod elektrickými vedeniami v lesných porastoch, v nelesnej krajine tvoria nelesnú stromovú a krovinovú vegetáciu a podobne.

Nelesná krajina má v porovnaní s lesnými porastmi nižší váhový faktor. Rozsah atribútov, ktoré sme pre ňu určili, sa pohybuje po vynásobení od -8 až po +5. Rozsah atribútov lesných porastov, po vynásobení váhovým faktorom, je v rozmedzí od -0,875 do +7. V porovnaní s lesnou krajinou, „najlepšia“ kategória typu nelesnej krajiny – TTP, nedosiahnu taký hydrický účinok vo vzťahu k infiltrácii a retencii zrážok, ako lesné porasty so stupňom ekologickej stability 0, 1 a 2 (vysokostabilné ekosystémy, stabilné ekosystémy a ekosystémy so zníženou stabilitou). Lesné ekosystémy so stupňom ekologickej stability 3 sa javia ako nestabilné ekosystémy, sú typické (podľa Kullu et al. 2006) malou odolnosťou a neprispôsobivosťou, príznakmi rozpadu alebo zjavnej degradácie, s vysokým stupňom ohrozenia (3-4), je potrebná vysoká potreba dodatkovej energie, ktorá má charakter nápravných opatrení (rekonštrukcia, predčasná obnova, meliorácie). Pri vykonávaní nápravných opatrení môže dôjsť k zníženiu hydrickej účinnosti prostredia (výstavba nespevnených lesných ciest, uľahnutie pôdy vplyvom lesných mechanizmov a pod.). V takýchto prípadoch môžu byť vhodne obhospodarované TTP (prinajmenšom z hľadiska trvania vegetačnej pokrývky a potreby dodatkovej energie) porovnateľné, alebo vhodnejšie ako nestabilné lesné ekosystémy. I napriek tomu, lesné porasty s týmto stupňom ekologickej stability, majú nezanedbateľný hydrický účinok. Hydrický význam majú i odumreté kmene, konáre a iné časti stromov alebo kríkov, ktoré ovplyvňujú lesnú mikroklimu a sú dôležitými zásobárňami vody počas suchých období (Maser a Trappe 1984, Harmon et al. 1986) i ochraňujú produkčné vlastnosti pôdy (Brown et al. 2007). Odumretá drevná hmota tvorí významnú fyzickú bariéru na úrovni mikroreliefu, spomaľuje povrchový odtok (Midriak et al. 1981; Bilby a Bisson 1998; Valtýni 2001), čím predlžuje čas, počas ktorého môže voda infiltrovať do pôdy a tým zvyšuje hydrický i protipovodňový účinok lesných porastov.

Pri hodnotení *hydrogeologických podmienok* krajiny sme sa sústredili na transmisivitu zvodnených vrstiev. Tá závisí najmä od zloženia horninového substrátu a jeho mocnosti (Bear 1988). Horninový substrát sa do kontaktu s presakujúcou zrážkovou vodou dostáva spomedzi vyššie hodnotených vlastností krajiny ako posledný. Vlastnosti krajiny, ako napríklad charakteristiky lesných porastov, sklon svahu, či pôdny druh, určujú aké množstvo a za aký čas sa presakujúca zrážková voda dostane do zvodneného prostredia. Horninový substrát takisto do istej miery ovplyvňuje i to, aké pôdy sa na ňom vyvinuli. Napríklad na flyši, ktorý je typický striedaním vrstiev pieskocov a ílov, sa vytvorili ťažšie a menej priepustné pôdy, pokým na pieskoch a štrkoch vznikli pôdy zrnitejšie a ľahšie. Horninový substrát, od ktorého najmä závisia hydrogeologické podmienky prostredia, umocňuje hydrickú účinnosť pôd v negatívnom i pozitívnom zmysle.

ZÁVER

Na základe zistenej hydrickej významnosti prostredia môžeme získať vhodné podklady pre dosahovanie cieľov integrovaného manažmentu povodí a pri navrhovaní najvhodnejších stratégií na poli protipovodňovej ochrany. Hodnotenie hydrických vlastností krajiny (aj tvorba plánov integrovaného manažmentu povodí a protipovodňových plánov) na základe predloženej metodiky je

však realizovateľné len na regionálnej a širšej úrovni. Tvorba týchto plánov a dokumentov na nižšej úrovni obcí alebo na úrovni čiastkových povodí si vyžaduje podrobnejšie preskúmanie lokálnych charakteristík krajiny (socioekonomické charakteristiky, zaťaženie krajiny stresovými faktormi, podrobnejšia analýza stavu, štruktúry a hydrických vlastností nelesnej krajiny a i.). Racionálne rozmiestnenie socioekonomických aktivít, akceptujúce hydrické vlastnosti krajiny, môže pomôcť zabezpečiť dostatočné množstvo kvalitných vodných zdrojov pre ekosystémy a pre užívateľov v povodiach.

LITERATÚRA

- BEAR, J. 1988. Dynamics of fluids in porous media. Dover publications, 784 p.
- BEDRNA, Z. 2002. Environmentálne pôdoznanectvo. Veda, Bratislava, 352 s. ISBN 80-224-0660-0
- BILBY, R. E., BISSON P. A. 1998. Function and distribution of large woody debris. River Ecology and Management, Springer-Verlag, New York, p. 324-346.
- BROWN, R.B. 2003. Soil texture. U.S. Department of Agriculture, Institute of Food and Agricultural Sciences, SL 29, University of Florida, 8 p.
- BROWN, R. N., EK, A. R., KILGORE, M. A. 2007. An Assessment of Dead Wood Standards and Practices in Minnesota. Department of Forest Resources, University of Minnesota, USA, 45 p.
- FENDEKOVÁ, M., BÖHM, V., ČECH, F., HYÁNKOVÁ, K., MELIORIS, L., NÉMETHY, P., TRNOVEC, A. 1995. Základy hydrogeológie. UK, Bratislava, 236 s.
- FERANEC, J., OŤAHEL, J. 2001. Krajinná pokrývka Slovenska - Land Cover of Slovakia. Veda, Bratislava, 124 s.
- FOJT, V., KREČMER, V. 1975. Tvorba horizontálnych srážek z mlhy a jejich množství ve smrkových porostech stredoevropské oblasti. Vodohospodársky časopis, 23, č. 6, s. 581-606.
- HANČINSKÝ, L. 1972. Lesné typy Slovenska. Príroda, Bratislava, 307 s.
- HARMON, M. E., FRANKLIN, J. F., SWANSON, F. J., SOLLINS, P., GREGORY, S. V., LATTIN, J. D., ANDERSON, N. H., CLINE, S. P., AUMEN, N. G., SEDELL, J. R., LIENKAEMPER, G. W., CROMACK, K., CUMMINS, K. W. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems, Advances Ecological Research 15, p. 133-276.
- HEYMANN, Y., STEENMANS, CH., CROISILLE, G., BOSSARD, S. 1994. CORINE land cover: Technical guide. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 136 p.
- CHANG, M. 2003. Forest Hydrology—An Introduction to Water and Forests. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 373 p.
- CHARMAN, P.E.V., MURPHY, B. W. 1998. Soils: Their properties and management. Oxford university press, USA, 464 p.
- KULLA, L. ET AL. 2006. Terénna príručka pre ekologicky zamerané zisťovania v lese. NLC, Zvolen, 6 s. (nepubl.)
- LEE, R. 1980. Forest hydrology. Columbia University Press, New York, 349 p.
- LEPPER, G.W., UREN N.C. 1993. Soil science: an introduction. 5th edition, Melbourne university press, Melbourne, Australia, 312 p.
- LEWIS, J., MORI, S. R., KEPPELER, E. T., ZIEMER, R. R. 2001. Impacts of logging on storm peak flows, flow volumes and suspended sediment loads in Caspar Creek, California. In: Wigmosta, M.S., Burges, S. J. (Eds.) Land Use and Watersheds. American Geophysical Union, Washington, DC, p. 85-125.
- LICHNER, S. ET AL. 1977. Lúky a pasienky. Príroda, Bratislava, 419 s.
- MASER, C., TRAPPE, J. M. 1984. The seen and unseen world of the fallen tree. Department of Agriculture, Forest Service, Portland, USA, 56 p.
- MIDRIAK, R. 1988. Anti-erosion function of forest stands in Slovakia. Acta Instituti Forestalis, 7, Zvolen, s. 137-163.
- MIDRIAK, R. 1990. Povrchový odtok a pôdne straty vo vysokohorských ekosystémoch. Vedec. práce VÚLH, 39, Zvolen, s. 57-78.

- MIDRIAK, R. 1993. Povrchový odtok a erózne pôdne straty v lesných porastoch Slovenska. Acta Facultatis Forestalis, 35, Zvolen, s. 71-85.
- MIDRIAK, R. 2005. Horské oblasti a ich trvalo udržateľný rozvoj (Krajinnoekologická štúdia s osobitným zreteľom na územie Slovenska). Technická univerzita vo Zvolene, 174 s.
- MIDRIAK, R. ET AL. 1981. Diferencované obhospodarovanie lesa podľa integrovaných funkcií. Lesnícke štúdie, 31, Príroda Bratislava, 224 s.
- MINDÁŠ, J., ŠKVARENINA, J. 2003. Lesy Slovenska a globálne klimatické zmeny. EFRA Zvolen, Lesnícky výskumný ústav Zvolen, 129 s.
- MIYAZAKI, T. 1988. Water Flow in Unsaturated Soil in Lazed Slopes. Journal of Hydrology, 102, Amsterdam, p. 201-214.
- RYCHNOVSKÁ, M. ET AL. 1985. Ekologie lučných porostů. Academia, Praha, 291 s.
- SLOVENSKÁ AGENTÚRA ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA. 2004. GIS vrstva CORINE landcover 2000. SAŽP, Banská Bystrica.
- ŠÁLY, R., MIDRIAK, R. 1998. Erodovateľnosť lesnej pôdy v Slovenskej republike. In Trvalo udržateľná úrodnosť pôdy a protierózna ochrana. Zborník referátov, VÚPÚ, Bratislava, s. 267-273.
- VALTÝNI, J. 2001. Lesy a povodne. Vedec. štúdie 5/2001/A. Technická univerzita Zvolen, 46 s.
- ZACHAR, D. 1982. Soil Erosion. Developments in Soil Science. Elsevier, Amsterdam – Oxford – New York, 547 p.
- ZACHAR, D. ET AL. 1984. Lesnícke meliorácie. Príroda, Bratislava, 488 s.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0591-07 a vedeckými grantovými projektmi VEGA č. 1/3283/06 „Antropogénna záťaž a biodiverzita vo vybraných neovulkanitoch na strednom Slovensku“ a VEGA č. 1/0026/08 „Vývoj využitia krajiny a jeho vzťah ku zložkám krajinno-ekologického komplexu“.

SPUSTNUTÉ PÔDY SLOVENSKA AKO INDIKÁTOR NERACIONÁLNEHO VYUŽÍVANIA KRAJINY

Rudolf Midriak

*Inštitút výskumu krajiny a regiónov, Ústav vedy a výskumu UMB, Cesta na amfiteáter č. 1, 974 01
Banská Bystrica, e-mail: r.midriak@seznam.cz*

Abstrakt: Spustnuté pôdy Slovenska ako indikátor neracionálneho využívania krajiny.

Spustnuté pôdy sú najvýraznejšou formou zdevastovania povrchu v krajine. K ich vzniku prispievajú najmä erózne procesy a deštruktívna činnosť človeka (odlesňovanie, pastva, lesné požiare, nevhodná orba pôdy, atď.). Príspevok je zameraný na analýzu vzniku a klasifikácie týchto pôd, ako aj kvantifikácie rozlohy spustnutých pôd na Slovensku (cca 225 000 ha) a intenzity erózie pôdy na týchto plochách (znižovanie povrchu, resp. ústup svahov vplyvom erózie pôdy dosahuje priemerne od 1,4 do 31 mm.r⁻¹ podľa typu geologického podložja, sklonu, nadmorskej výšky a typu spustnutej pôdy). Najviac spustnutých pôd na Slovensku je na karbonátových podložjach (65 %), ale rozšírené sú aj na flyši, neovulkanických horninách, na sprašových hlinách a na silikátových i karbonátových horninách v oblasti nad hornou hranicou lesa. Je predpoklad, že spustnuté pôdy sa budú vytvárať aj naďalej v súvislosti s globálnou klimatickou zmenou.

Kľúčové slová: Spustnuté pôdy, antropogénne vplyvy, erózne procesy, devastácia krajiny

Abstract: Badlands in Slovakia as an indicator of non-rational using of landscape.

Badlands (waste lands) are the most expressive form of surface devastation in the landscape. Erosive processes together with destructive activities of the man (deforestation, grazing, forest fires, non-appropriated technologies of ploughing etc.) are the main factors of badlands origin. The paper is concentrated on analysis of origin and classification of badlands as well as on quantification of their areas in Slovakia (about 225 thousand ha) and soil erosion rate on their surface (retreat of slopes due to influence of erosion processes varies from 1.4 to 31 mm yearly on average in relation to geological setting, inclination, altitude and type of badlands). Badlands are the most widespread (65 %) on carbonate bedrocks in Slovakia, but they are present also on the flysch, neovulcanic bedrocks, on loess loams as well as on silicate and carbonate rocks above the timberline. The author anticipates further development of badlands in connection with the global climate change.

Keywords: Badlands, anthropogene influences, erosion processes, landscape devastation

ÚVOD

Hoci je erózia pôdy aj na Slovensku vážnym národohospodárskym problémom, ktorého riešenie má celospoločenský význam, možno konštatovať, že do roku 1948 sa jej u nás výskumne nevenovala takmer žiadne pozornosť. Až od tohto obdobia, najmä však po roku 1950, možno datovať začiatky hlbšieho a systematickejšieho výskumu erózných javov a vypracovávaní systémov protierózných opatrení so zameraním podľa funkcie pracovísk, ktoré sa na riešení podieľali. Výskum nebol vo väčšine prípadov zameraný bezprostredne na spustnuté pôdy (s výnimkou Výskumného ústavu lesného hospodárstva vo Zvolene – Zachar 1960, Midriak 1965), metodicky sa zamerali rôzne a preto nemohli byť jeho výsledky porovnateľné. Aj napriek tomu, hoci výskum trval relatívne krátko, boli získané na tomto poli cenné poznatky, z ktorých je nutné aj dnes vychádzať pri riešení otázky vplyvu erózie na vznik spustnutých pôd.

V súčasnosti, keď sa už prehodnotili viaceré prístupy k riešeniu problémov v krajine (najmä z krajinnoekologického, resp. holistického aspektu), môžeme konštatovať, že problém spustnutých pôd je viac problémom krajinnoekologickým, ako len problémom erodologickým alebo pedologickým. Do veľkej miery súvisí aj s tzv. ne-ELPISovými plochami, alebo „bielymi plochami“ na Slovensku a treba ho riešiť komplexne. Podstatným ostáva, že príčinou vzniku spustnutých pôd je človek svojimi deštruktívnymi aktivitami v krajine a erózne procesy na povrchu pôdy.

Problematika vzniku, klasifikácie a hodnotenia spustnutých pôd v krajine Slovenska

V podmienkach prevažne miernej klímy prevládajú v rámci erózných procesov formy *vodnej erózie*, buď ako dôsledok dezagregačného účinku vodných kvapiek dopadajúcich na nechránený povrch pôdy, alebo pri vymieľaní pôdy a zvetralín povrchovou vodou, koncentrovanou do líniových útvarov, resp. aj plošne vo forme ronu. V menšom rozsahu ide aj o výskyt *vetrovej erózie*, ktorá je podstatnejšie rozšírená len v nížinnej krajine (najmä na orných nechránených pôdach), menej aj vo vysokohorských oblastiach. Erózne však na pôdu (alebo povrch) pôsobia aj viaceré *gravitačné procesy* (najmä zosuny), *kryogénne a nivačné procesy*, pričom v krajine Slovenska sú značne rozšírené aj niektoré *antropogénne*, alebo *antropozoogénne erózne procesy*. Tie všetky spolu výrazne vplývajú na vznik spustnutých pôd.

Spustnuté pôdy sú najvyššou formou erózneho zdevastovania povrchu v krajine. U nás ide zväčša o plochy na lesnom pôdnom fonde (ale výnimkou nie sú ani plochy z poľnohospodárskeho pôdneho fondu), na ktorých bola odstránená trvalá vegetačná pokrývka (lesný drevinový alebo krovitý porast – odlesňovaním, kľčovaním, ale aj vypaľovaním, imisiami a p., mačinový plášť) a deštruktívnymi procesmi (vodnou a vetrovou eróziou, zosunmi, orbou po spádnicí a inými agrotechnickými zásahmi, extenzívnym pasením, preháňaním dobytkom, jeho zhromažďovaním pri napájadlách, ťažbou nerastných surovín, nesprávnou organizáciou využívania územia – najmä nevhodne usporiadaná cestná sieť a iné línie odvádzajúce povrchový odtok, atď.) bol buď odstránený, stenčený, alebo kvantitatívne značne pozmenený pôdny plášť s výrazným prispením diferencovanej expozičnej klímy (prevažná časť spustnutých pôd je na výslunných expozičiách – JV, J, JZ až Z). Došlo tak po dlhšej dobe k prerušeniu celistvosti pôdneho plášťa (na niektorých miestach až k výraznému zryhovaniu, resp. k obnaženiu podložia svahových pozemkov), k výraznému zníženiu úrodnosti pôdy, prípadne výnosov a k jej vyradeniu z procesu využívania za účelom získania produkcie.

Riešenie problémov erózie vo vzťahu k spustnutým pôdam zaznamenalo vo svete podstatné zmeny. Najdetailnejšie problematiku ochrany pôdy (na príklade USA, ale rámcovo aj podľa iných kontinentov) v minulosti spracoval Bennett (1939), neskôr Zachar (1960, 1970, 1982). Prvý citovaný autor sa venoval nielen pôdnej erózii vo všeobecnosti, ale podrobne a z praktického hľadiska *badlandom* (čo možno pokladať za ekvivalent termínu *spustnuté pôdy* – Scheidegger et al. 1968) – príčinám ich vzniku, rozšíreniu a dôsledkom vo využívaní krajiny. Neskôr však nastal obrat (možno s výnimkou Španielska, Bulharska, prípadne ďalších stredomorských krajín – Naveh a Lieberman 1990, Ruiz-Flano et al. 1992 a iní), lebo problémy erózie sa zväčša riešia len z geomorfologického, pedologického, resp. erodologického aspektu (Tarbuck a Lutgens, 1988, Harčár 1995, Jambor a Sobocká 2001, Fulajtár 2002), v lepšom prípade ako fenomény tzv. prírodných hazardov (Slaymaker 1996) – ohrození. Pri týchto trendoch akoby sa fenomén spustnutých pôd „vytratil“ z väčšiny relevantných publikácií. Najnovšie možno hovoriť o nástupe smeru výskumu zmien v krajine (a teda aj degradácie pôdy a devastácie krajiny) predovšetkým z aspektu zmien, resp. dynamiky lesnej vegetačnej pokrývky (Du Pisani 2003, Midriak 2003, Stankoviansky 2003, Boerma 2006 a iní).

Na Slovensku, ako v malej krajine, sme si pravdepodobne výraznejšie uvedomovali úbytok výmery produkčnej plochy vplyvom postupného pribúdania spustnutých pôd. A tak sa ich výskum uberal síce aj v teoretickom - erodologickom - zameraní (Zachar 1960, 1970, 1982, Midriak 1965, 1969, 1983 a iní), ale zväčša v praktickom zameraní so zreteľom na ich zalesňovanie (Janečko et al. 1955, Dalmady 1960, Trančík 1960, Slivka 1964, Zachar 1965, Zachar et al. 1969, 1973, Midriak a Lipták 1995, novšie ako geomorfologická odozva k environmentálnym zmenám prostredia – Stankoviansky 2003, Stankoviansky a Barka, 2007). V 2. polovici 20. storočia sa dosiahli aj významnejšie praktické úspechy v oblasti výskumu metód zalesňovania spustnutých pôd (Zachar 1965, Zachar et al. 1969, 1973, Ďurkovič 1997).

Realitou ostatných rokov je globálna klimatická zmena, s ktorou súvisia viaceré zmeny ekologických podmienok prírodnej krajiny (Antal et al. 2002, Bielek a Šurina 2002, Sobocká et al. 2005), s možnosťou vyústenia až do disturbancie ekosystémov typu prírodných katastrof. Za takúto možno pokladať aj eróziu pôdy vtedy, keď postihnutá plocha dosiahne z hľadiska kvalitatívnych

a kvantitatívnych znakov poškodenia pôdnej pokrývky nebezpečné parametre (napr. charakter spustnutej pôdy). Inak je dosť zarážajúce, že eróziu pôdy, ako permanentný proces v krajine, ktorý má za následok možno pomalú, ale trvalú stratu – úbytok pôdy, autori klasifikujúci tzv. *natural hazards* (napr. Sassa 1992, Slaymaker 1996 a iní) nezaraďujú medzi prírodné ohrozenia (Midriak 1997), kde sa, naopak, ocitli len niektoré tzv. rýchle procesy, vyskytujúce sa v krajine iba sporadicky, s katastrofálnymi následkami (napr. popri zemetraseniach, lavínach a p. záplavy, požiare atď.). Pre krajinu katastrofálnym následkom je však podľa nás aj erózna strata pôdy, lebo tento prírodný zdroj je len ťažko (veľmi pomaly) nahraditeľný až nenahraditeľný.

Spustnuté pôdy pokladáme za vrchol erózneho zdevastovania povrchu v krajine. Ide o také pôdy, resp. povrchy alebo pozemky, ktoré ostali buď opustené so zreteľom na ich poľnohospodárske využívanie v predchádzajúcich desaťročiach, alebo sa časť z nich zalesnila (v rámci tzv. *zalesňovania nelesných pôd*). Treba však zdôrazniť, že nie každá plocha – povrch s pôdou postihnutou eróziou s relatívne väčšou intenzitou, je spustnutou pôdou. V prípade spustnutých pôd z hľadiska dynamiky a vývoja krajiny ide buď o proces *sekundárnej sukcesie*, alebo o vývojový stupeň typu *katastrofy*, pri ktorom dochádza k ireverzibilnej zmene štruktúry krajiny s výrazným ovplyvnením štruktúry pôdneho fondu a jeho využívania. Varovným poznatkom z výskumu spustnutých pôd je to, že tieto pôdy vznikli výrazným prispením *antropogénnych činiteľov*, pričom osobitosťou týchto činiteľov je to, že ich pôsobenie na deštrukciu pôdy nemusí trvať permanentne (na rozdiel od ostatných – primárnych deštrukčných činiteľov, t.j. prírodných exogénnych činiteľov) počas celého obdobia deštrukcie, resp. pustnutia. Antropogénne zásahy môžu dať podnet k vzniku erózných procesov, alebo k ich urýchleniu, pričom pre ďalšie obdobie vývoja deštrukčných foriem povrchu môžu byť viac-menej bezvýznamné, resp. indiferentné a deštrukcia pôdy už môže pokračovať až po jej spustnutie len účinkom primárnych činiteľov (Midriak 1983). To súčasne narušuje aj naše ustálené predstavy o trvalo udržateľnom *rozvoji* územia.

K výmere spustnutých pôd na Slovensku

Na Slovensku nebola výmera spustnutých pôd nikdy upresnená. Ide o to, že termín „spustnuté pôdy“ sa nekodifikoval a zamieňal sa s rozličnými ďalšími označeniami v našej lesníckej (i poľnohospodárskej) praxi (ako napr. degradované pôdy, devastované pôdy, erodované pôdy, málo úrodné pôdy, neplodné pôdy, nelesné pôdy, ...).

V roku 1920 bolo 6,9 % (t.j. cca 114 400 ha) tzv. *nelesných pôd*, čo bola združená kategória, označujúca *spustnuté pôdy + rašeliniská + lesné lúky* na lesnom pôdnom fonde. V roku 1948 sa súpisom plôch zistilo len 31 698 ha tzv. *neplodnej pôdy* (súpis však bol neúplný). V roku 1961 Štátny vodohospodársky plán po delimitácii pôdy (r.1956-1960) predpokladal na Slovensku zalesniť 262 135 ha *nelesných pôd* (presná výmera spustnutých pôd aj tu chýba). Ani po revízii delimitácie pôdneho fondu z roku 1962 nie je rozloha spustnutých pôd známa. Po stotožnení pojmu *spustnuté pôdy s pôdami erodovanými a málo výnosnými (z nelesných pôd)* v rámci plánu Zveľadovania poľnohospodárstva, lesného a vodného hospodárstva bolo možné (nie však úplne presne) usúdiť, že na Slovensku išlo o rozlohu 219 838 ha *spustnutých pôd* (Midriak 1965), čo iste nie je zanedbateľná výmera.

Spustnuté pôdy sa doteraz rozdeľujú len podľa typu horniny, resp. substrátu, na ktorom sa vytvorili (Janečko et al. 1955). Na Slovensku ide o ich 47 %-né zastúpenie z vyššie uvedenej rozlohy na *vápencoch* (najmä v oblasti Slovenského krasu, Veľkej Fatry, Krivánskej Fatry, Belianskych Tatier, Nízkych Tatier, atď.), 18 % na *dolomitoch až dolomitických vápencoch* (napr. Myjavská pahorkatina, Brezovské Karpaty, Čachtické Karpaty, Považský Inovec, Strážovské vrchy a i.), 12 % na *silikátových horninách kryštalínika* (Malé Karpaty, Tribeč, Západné Tatry, Nízke Tatry, Krivánska Fatra, Slovenské rudohorie, atď.), 10 % na *flyši* (Biele Karpaty, Javorníky, Turzovská vrchovina, Kysucká vrchovina, Oravská vrchovina, Skorušinské vrchy, Levočské vrchy, Šarišská vrchovina, Ondavská vrchovina, Laborecká vrchovina, Bukovské vrchy a i.), 6 % na *neovulkanitoch* (Slovenské stredohorie, Cerová vrchovina, Slanské vrchy, Vihorlatské vrchy) a 7 % na *ostatných substrátoch* (sprašové hliny, neogénne málo spevnené podložie, riečne štrky, zasolené

pôdy a i. – zväčša v nížinnej alebo kotlinovej krajine Slovenska – Podunajská pahorkatina, Juhoslovenská kotlina, Košická kotlina, Východoslovenská nížina atď.).

Spustnuté pôdy sú v našej krajine rozšírené od kolínneho až po subalpínsky stupeň. Najviac ich pripadá na karbonátové podložia (65 %), kde sa vytvorili na plytkom profile rendzín a ide tam zväčša o totálnu denudáciu horninového podložia, čo ich súčasne klasifikuje medzi spustnuté pôdy s najviac pozmenenými pôdnoekologickými podmienkami. Najčastejší výskyt spustnutých pôd sme zaznamenali pod umelo vytlačeným dolným okrajom lesa, v krasových oblastiach, ale aj nad hornou hranicou lesa - tam ich je vyše 4 800 ha, t. j. 8,1 % plochy povrchu (Midriak 1983). Časť spustnutých pôd na Slovensku sa zalesnila. Presná evidencia o zalesnení, resp. zostatkovej ploche spustnutých pôd však chýba a bude o.i. aj predmetom riešenia projektu APVV „Spustnuté pôdy a pustnutie krajiny Slovenska“.

INTENZITA ERÓZIE SPUSTNUTÝCH PÔD NA SLOVENSKU

MATERIÁL A METODIKA

Intenzitu erózie slovenských spustnutých pôd sme skúmali v druhej polovici 20. storočia na datovateľne odlesnených pozemkoch, ako aj nad hornou hranicou lesa.

Išlo o modelové územie v Brezovských Karpatoch – Brezová p. Bradlom (na dolomitických vápencoch v nadmorskej výške 274 – 535 m), v Považskom Inovci – Lúka n. Váhom - Modrová (na dolomitoch, 210 – 350 m)), v Slovenskom krase – Hrhov – Turňa n. Bodvou - Zádiel (na vápencoch, 240 – 450 m), v Laboreckej vrchovine – Vyšná Jablonka – Osadné (na pieskovcoch a ílovcoch paleogénneho flyšu, 380 – 580 m), v Javorí – Stará Huta – Horný Tisovník (na andezitoch, 580 – 675 m), na Krupinskej planine – Slovenské Kľačany (na sprašových hlinách, 205 – 245 m) a neskôr aj v Tatrách (Belianske a Západné Tatry), v Nízkych Tatrách (Ďumbierske Tatry), v Krivánskej Fatre, vo Veľkej Fatre a na Babej hore – tu všade nad súčasnou hornou hranicou lesa.

Pri výskume intenzity erózných procesov (súhrnného efektu eróznej fázy všetkých exogénnych procesov, vyskytujúcich sa na danom modelovom území, teda vodných, vetrových, gravitačných, nivačných, kryogénnych, biogénnych a antropogénnych, resp. zmiešaných procesov) sme aplikovali viacero metód – medzi nimi najmä volumetrické, nivelačné, deluometrické, deflametrické, geomorfologické, pedologické, mapovacie, kartometrické, vegetačné, fotogrametrické a historické (detailnejšie ich charakterizujú práce Zachara 1982 a Midriaka 1983).

VÝSLEDKY

Analýzou a syntézou výsledkov sme dospeli k týmto priemerným výsledkom zistenej intenzity erózných procesov na spustnutých pôdach v podhorskej oblasti (*kolínny a submontánný stupeň*):

- na *vápencovom podloží* (plochy odlesnené cca 100 rokov) ide o dlhodobú priemernú intenzitu denudácie, čiže znižovanie povrchu, alebo o ústup svahov o 1,44 - 2,01 mm.r⁻¹;
- na *dolomitoch* (lokality odlesnené 250 - 300 rokov) odnos zo svahových erózných rýh 5,4 - 17,9 m³.ha⁻¹, spolu plošná a ryhová erózia strata pôdy priemerne 16,2 m³.ha⁻¹.r⁻¹ (znižovanie povrchu o 1,62 mm.r⁻¹);
- na *dolomitických vápencoch* (odlesnené 200 - 250 rokov) odnos plošnou eróziou 5,2 - 8 m³.ha⁻¹.r⁻¹, spolu s ryhovou eróziou priemerne 15,9 m³.ha⁻¹.r⁻¹ (znižovanie povrchu o 1,59 mm.r⁻¹);
- na *flyšovom podloží* (odlesnené 100 rokov) odnos zo svahových rýh priemerne 10,7 m³.ha⁻¹.r⁻¹, spolu s plošnou eróziou 28,8 m³.ha⁻¹.r⁻¹ (znižovanie povrchu o 2,9 mm.r⁻¹);
- na *andezitoch* (odlesnené 100 - 150 rokov) priemerne 15 m³.ha⁻¹.r⁻¹ (znižovanie povrchu o 1,5 mm.r⁻¹) a
- na *sprašovej hline* (odlesnené 60 rokov) až 317 m³.ha⁻¹.r⁻¹ (znižovanie povrchu o 31,7 mm.r⁻¹).

K uvedeným údajom je potrebné dodať, že intenzita skutočnej erózie v priebehu obdobia od odlesnenia (roky uvedené v zátvorke) bola aj podstatne vyššia – najmä v prvých rokoch až desaťročiach po odlesnení, pričom v záverečnej časti hodnoteného obdobia mohla výrazne poklesnúť, najmä na geomorfologicky odolnejších karbonátových a neovulkanických horninách - podložiach relatívne plytkých pôd, ktoré sa tam vytvorili, kde už nedochádzalo za posledné desaťročia pustnutia lokalít k takej rýchlosti tvorby pôdy.

Nad hornou hranicou lesa (supramontánný stupeň na miestach v súčasnosti s výrazne antropogénne zníženou hranicou lesa a subalpínsky stupeň s pastierom odstránenými kosodrevinovými porastmi a rozsiahlou pastvou charakteru vysokohorského karpatského salašníctva) vo vysokých pohoriach Západných Karpát intenzita erózných (pôdodeštrukčných) procesov na plochách, ktoré javia charakter spustnutých pôd, varíruje vo veľkom rozpätí, obyčajne však od 2 do 30 mm.r⁻¹ znižovania povrchu pôdy, resp. ústupu svahov. Z tohto rozpätia sa vymyká najmä intenzita eolických (vetrovoerózných) procesov, ktorá tu býva v priemere podstatne nižšia .

ZÁVER

Dôsledky globálnej klimatickej zmeny, s ktorou súvisia viaceré metamorfózy ekologických podmienok krajiny, a to až s možnosťou vyústenia do totálneho rozrušenia ekosystémov (vrátane pedosféry) v lokálnych rozmeroch dosahujúceho charakter prírodných katastrof, zaznamenávame už v ostatných rokoch a desaťročiach aj u nás. Za takúto prírodnú katastrofu môžeme pokladať aj eróziu pôdy vtedy, keď postihnutá plocha dosiahne z hľadiska poškodenia pôdnej pokrývky nebezpečné parametre, napr. charakter spustnutej pôdy. S procesmi klimatickej zmeny je bezprostredne zviazané celkové vysušovanie krajiny aj nástup stepí, indikované zmenami vodného režimu krajiny, resp. vlhovou nedostatočnosťou najmä v nížinách, kotlinách a stredohorách J a JV Slovenska, s čím súvisí možnosť zväčšenia intenzity vetrovej erózie, desertifikácia, salinizácia a alkalizácia pôdy, ale pri častejšej nepravidelnej distribúcii dažďov aj možnosť výskytu erózne nebezpečných lejakovitých dažďov, čo zasa indikuje možnosť zväčšenia intenzity ronovej, jarčekovej aj výmoľovej erózie. To všetko vytvára spolu s antropogénnymi aktivitami podmienky pre opätovné rozširovanie spustnutých pôd, a to vo výraznej miere aj v subalpínskom stupni našich vysokých pohorí s plytkými a veľmi plytkými pôdami.

Takto sme svedkami už vyššie spomenutej zákonitosti, že hoci pominuli do značnej miery (niekde aj úplne) antropogénne impulzy vo forme rozsiahlej pastvy domácich zvierat (značne u nás rozšírenej najmä do tretej štvrtiny 20. storočia), ktorá bola spolu s eróziou najvýznamnejším faktorom vzniku spustnutých pôd, vývoj týchto pôd v krajine Slovenska bude (aj vplyvom iných antropogénnych aktivít – napr. stavebno-technické práce pri výstavbe ciest, pozemných stavieb, horských dopravných zariadení, zakladania priemyselných parkov, lyžiarskych stredísk a inej nepremyslenej urbanizácie a devastácie prostredia...) pokračovať vplyvom pôsobenia erózných procesov aj naďalej.

LITERATÚRA

- ANTAL, J. (ED.) 2002. Očakávané globálne zmeny klímy a ich možný dopad na vodný režim, poľné a lesné hospodárstvo. Zborník č. 27, SAPV, Nitra, 63 s.
- BENNETT, H. H. 1939. Soil conservation. McGraw - Hill Book Co. N. York - London, 993 p.
- BIELEK, P., ŠURINA, B. 2002. Možné dopady prognózovanej zmeny klímy na pôdny kryt SR. In Antal, J. (ed.): Očakávané globálne zmeny klímy a ich možný dopad na vodný režim, poľné a lesné hospodárstvo. Zborník č. 27, SAPV, Nitra, 63 s.
- BOERMA, P. 2006. Assessing forest cover change in Eritrea - A historical perspective. Mountain Research and Development, 26, 1, p. 41- 47.
- DALMADY, J. 1960. Zalesňovanie krasových holín na Slovensku. Vedecké práce VÚLH v Banskej Štiavnici, 1, SVPL Bratislava, s. 39 – 67.

- DU PISANI, J. A. 2003. Environmental history, remote sensing and change detection: an interdisciplinary approach to the study of land degradation. In *Dealing with diversity*. 2nd Interdiscipl. Conf. of the Europ. Soc. f. Envir. History. Proceed., Charles University in Prague, p. 154 – 159.
- ĎURKOVIČ, J. 1997. Zalesňovanie nelesných pôd na Slovensku. In Midriak, R.(ed.): *Trvalo udržateľný rozvoj krajiny*. Zborník z Medzinár.vedec. konfer. Les - Drevo – Životné prostredie '97. Techn. univerz. vo Zvolene, s. 43 - 48.
- FULAJTÁR, E. 2002. Stanovenie intenzity erózie na poľnohospodárskych pôdach Slovenska pomocou deluometrických meraní a metódy ¹³⁷Cs. Dizert. práca, VÚPOP, Bratislava.
- HARČÁR, J. 1995. Výmoľová erózia v SZ časti Nízkyh Beskýd – vzťah ku štruktúre a reliéfu. In Hochmuth, Z. (ed.) *Reliéf a integrovaný výskum krajiny*. Zbor. z vedec. konf., PdG F UPJŠ Prešov, s. 19 – 31.
- JAMBOR, P., SOBOCKÁ, J. 2001. Genetic soil changes in long-term process of water erosion – 20 th century the second half. *Proceedings, Soil Science a. Conservation Research Institute*, 24, p. 9 – 17.
- JANEČKO, E., KRÉBES, K., CIFRA, J. 1955. Spustnuté pôdy a ich zalesňovanie. SVPL, Bratislava, 129 s.
- MIDRIAK, R. 1965. Erózia spustnutých pôd na Slovensku. Kandid. dizert. práca, VÚLH Zvolen, 178 s. + 50 obr. (nepubl.).
- MIDRIAK, R. 1969. Erózia spustnutých pôd karbonátových podloží na Slovensku. *Náuka o Zemi IV, Pedologia 5*, Vyd. SAV Bratislava, 1969, 112 s.
- MIDRIAK, R. 1983. Morfogenéza povrchu vysokých pohorí. Veda, Bratislava, 516 s.
- MIDRIAK, R. 1997. Ohrozenie povrchu krajiny – limit jej trvalo udržateľného rozvoja. In Midriak, R. (ed.): *Trvalo udržateľný rozvoj krajiny*. Zborník z Medzinár.vedec. konfer. Les - Drevo – Životné prostredie '97. Techn. univerz. vo Zvolene, s. 21 - 26.
- MIDRIAK, R. 2003. Analýza súčasných a načrtovaných zmien v krajine z ekologického hľadiska. In Olah, B. (ed.) *IV. Ekologické dni. Ekologické štúdie V. Slovenská ekologická spoločnosť pri SAV, Banská Štiavnica*, s. 78 – 87.
- MIDRIAK, R., LIPTÁK, J. 1995. Erosion and reforestation of abandoned lands in the Slovak Karst Biosphere Reserve. *Ekológia (Bratislava), Suppl. 2/1995*, p. 111-124.
- NAVEH, Z., LIEBERMAN, A. S. 1990. *Landscape ecology. Theory and application*. Springer – Verlag, New York – Berlin – Heidelberg – London – Paris – Tokyo – Hong Kong, 356 p.
- RUIZ-FLANO, P., GARCIA-RUIZ, J. M., ORTIGOSA, L. 1992. Geomorphological evolution of abandoned fields. A case study in the Central Pyrenees. *Catena*, 19, p. 301 – 308.
- SASSA, K. 1992. The role of foresters in relation to prevention and control of natural disasters in forestry. *IUFRO News – Newsletter IUFRO S1. O4 Natural disasters*, 1, p. 6 – 12.
- SCHEIDEGGER, A. E., SCHUMM, S. A., FAIRBRIDGE, R. W. 1968. Badlands. In *The Encyclopedia of Geomorphology*. Reinhold Book Co., New York, p. 43 – 48.
- SLAYMAKER, O. (ED.) 1996. *Geomorphic hazards*. John Wiley & Sons, Chichester, 204 p.
- SLIVKA, J. 1964. Zalesňovanie spustnutých pôd v Juhoslovenskom krasi. *Lesn. čas.*, 3, s. 301 – 308.
- SMITH, D. T. (ED). 1991. *Agriculture and the environment. The 1991 Yearbook of agriculture*. U.S. Government Printing Office, Washington, 326 p
- SOBOCKÁ, J., ŠURINA, B., TOMA, S., DODOK, R.. 2005. *Klimatická zmena a jej možné dopady na pôdny fond Slovenska*. VÚPOP, Bratislava, 48 s.
- STANKOVIANSKY, M. 2003. *Geomorfologická odozva environmentálnych zmien na území Myjavskej pahorkatiny*. Univerzita Komenského, Bratislava, 156 s.
- STANKOVIANSKY, M., BARKA, I. 2007. Geomorphic response to environmental changes in the Slovak Carpathians. *Studia Geomor. Carp. – Balcanica*, XLI, p. 5 – 28.
- TARBUCK, E. J., LUTGENS, F. K. 1988. *Earth science*. 5th edition. Merrill Publish. Comp., Columbus, 612 p.

- TRANČÍK, P. 1960. Doterajšie skúsenosti so zalesňovaním spustnutých pôd na Slovensku. Lesnícky čas., VI, 3, s. 231 – 237.
- ZACHAR, D. 1960. Erózia pôdy. SAV, Bratislava, 308 s.
- ZACHAR, D. 1965. Zalesňovanie nelesných pôd. SVPL, Bratislava, 230 s.
- ZACHAR, D. 1970. Erózia pôd. SAV, Bratislava, 528 s.
- ZACHAR, D. 1982. Soil erosion. Elsevier Sci.Publ.Co., Amsterdam - Oxford - New York, 548 pp.
- ZACHAR, D. ET AL. 1969. Výskum spustnutých pôd Perísk a ich zalesňovanie. Lesnícke štúdie č. 2, Príroda, Bratislava, 148 s.
- ZACHAR, D. ET AL. 1973. Výskum zalesňovania spustnutých pôd v Slovenskom krase. Lesnícke štúdie č. 16, Príroda, Bratislava, 168 s.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č.APVV-0591-07 – projekt „Spustnuté pôdy a pustnutie krajiny Slovenska“ a vypracovala sa taktiež v rámci aktivít Komisie Predsedníctva Slovenskej akadémie pôdohospodárskych vied pre ekológiu a krajinné inžinierstvo.

HODNOTENIE DRUHOTNEJ ŠTRUKTÚRY KRAJINY S VYUŽITÍM KRAJINNÝCH INDEXOV

Branislav Olah, Igor Gallay, Miriam Oravcová

Katedra aplikovanej ekológie, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Technická univerzita vo Zvolene, T.G.Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail:olah@vsld.tuzvo.sk

Abstrakt: Hodnotenie druhotnej štruktúry krajiny s využitím krajinných indexov.

Príspevok hodnotí druhotnú štruktúru krajiny vybraných území neovulkanitov stredného Slovenska identifikovaných z ortofotomáp z roku 2003. Skúmané územia boli exaktne porovnané na základe vypočítaných krajinných indexov na úrovni celej krajiny a úrovni triedy. Bola porovnaná heterogenita prírodných podmienok a heterogenita krajiny pokrývky.

KLúčové slová: druhotná štruktúra krajiny, neovulkanity, krajinné indexy

Abstract: Evaluation of secondary landscape structure using landscape indexes.

The paper deals with secondary landscape structure of selected areas in the Middle Slovakia neovolcanites identified from orthophotomaps 2003. The studied areas were exactly compared using various landscape indexes on landscape and land cover category levels. The heterogeneity of natural conditions and land cover was compared, too.

Key words: secondary landscape structure, neovolcanites, landscape indexes

ÚVOD

Súčasná krajina je výsledkom postupných zmien pôvodnej prírodnej krajiny spôsobených antropickým vplyvom, odráža vzťah človeka k prírodnej báze, k rešpektovaniu prírodných zákonov a k harmonizácii jeho nárokov s ekonomickými a v konečnom dôsledku aj environmentálnymi princípmi. Základom krajinnokoekologického výskumu, typizácie, klasifikácie alebo regionalizácie krajiny je skúmanie jej štruktúry (Ružička et al. 1978). Štruktúra krajiny predstavuje zákonité priestorové rozloženie kvantitatívnych javov a kvalitatívnych vlastností krajiny, ktoré sa spájajú do komplexných fyziognomicko-ekologických alebo funkčných celkov. Štruktúru krajiny ako geosystému podľa genézy, fyzického charakteru a vzťahu k využívaniu krajiny človekom delíme na 3 subštruktúry: prvotnú, druhotnú a terciárnu.

Druhota (sekundárna) štruktúra krajiny (DŠK) zahŕňa rozmanitý súbor tých hmotných prvkov krajiny, ktoré v súčasnej dobe vyplňajú zemský povrch. Tvorí ju súbory človekom ovplyvnených prirodzených a človekom čiastočne alebo úplne pozmenených dynamických systémov, ako aj novovytvorených umelých prvkov (Ružičková a Ružička 1973). Druhota štruktúra krajiny je podmienená zložkami prvotnej štruktúry krajiny a zároveň sa na ňu viažu prvky terciárnej štruktúry krajiny. Vytvorenie mapy druhotnej štruktúry krajiny je jedným zo základných krokov pri skúmaní a pochopení krajiny sféry. Poskytuje oboznámenie sa s reálnou situáciou v krajine a na jej údajoch možno stavať ďalšie analýzy, či už smerom k možnému vývoju krajinného priestoru alebo spätne skúmať procesy a javy, ktoré vyústili do súčasnej štruktúry krajiny (ako napr. v prácach Chrastina 2005, Petrovič 2005, Chrastina a Boltížiar 2006, Boltížiar 2007). Objektívnym a presným dokladom o stave krajiny v určitom časovom momente sú letecké snímky. Triedenie prvkov DŠK do jednotlivých kategórií vychádza z ich materiálnej podstaty a vzniku (Ružička a iní 1978, Miklós a Izakovičová 1997), ale môže byť prispôbené aj špecifickému zameraniu výskumu (Pucherová a iní 2007). V európskych krajinách je v súčasnosti najrozšírenejšou kategorizácia podľa metodiky CORINE Land Cover (Feranec a O'ahel' 2001).

Jedným z hlavných prejavov vplyvu človeka na krajinu je zmena jej štruktúry. Štruktúra súčasnej krajiny (typy, tvary a usporiadanie plôch) sa zvyčajne výrazne líši od pôvodnej prírodnej krajiny. Odlišnosť je väčšinou tým väčšia, čím je krajina viac premenená, teda čím intenzívnejšie a dlhšie je využívaná. Pre prírodnú krajinu sú vo všeobecnosti skôr typické postupné prechody,

plôšky nepravidelných tvarov so zvlnenými hranicami, kým pre človekom pretvorenú krajinu sú naopak typické ostré hranice a geometricky pravidelné plôšky. Krajinnú štruktúru je možné popísať tzv. krajinnými indexmi, pomocou ktorých je možné kvantitatívne vyjadriť jej vlastnosti (Forman a Godron 1993, Gustafson 1998, Krönert a iní 2001). Ide napríklad o: indexy plochy, indexy tvaru a formy, indexy hranice (ekotónov), indexy blízkosti (izolácie) či indexy diverzity a rozmiestnenia. Pomocou krajinných indexov je možné hodnotiť tri rôzne úrovne (McGarigal a Marks 1995):

- úroveň plôšky – pre každú vyčlenenú homogénnu jednotku (plôšku), pričom ich je možné hodnotiť samostatne (veľkosť, tvar, a pod), i v rámci typu plôšky (napr. koľko samostatných plôšok je daného typu, priemerná veľkosť plôšky v rámci typu, a pod.)
- úroveň typu plôšky – triedy. Indexy sú rátané pre jednotlivé typy plôšok v rámci krajiny (výsledkom je číslo za každú triedu – typ plôšky)
- úroveň krajiny – výsledkom výpočtu každého indexu je jedno číslo pre celú krajinu (počet všetkých plôšok, priemerná veľkosť zo všetkých plôšok v celej krajine, a pod.).

V tomto príspevku porovnáваме jednotlivé krajiny pomocou indexov vypočítaných pre dve úrovne – úroveň triedy a úroveň krajiny.

MATERIÁL A METÓDY

Pre hodnotenie súčasnej štruktúry krajiny sme vybrali štvorcové územia s rozmermi 10x10 km, ktoré reprezentujú charakteristické časti krajiny neovulkanitov stredného Slovenska z fyzickogeografického ako aj socioekonomického hľadiska. V Štiavnických vrchoch je to krajina najviac pozmenená baníckou činnosťou zaberajúca ich centrálnu časť, v ktorej ležia mestá Banská Štiavnica, Štiavnické Bane, Banská Belá a obce Štefultov, Ilija a Sv. Anton. Rovnaký prístup sa zvolil v Kremnických vrchoch, keďže ide tiež o stredovekú banícku krajinu. Tu ležia okrem Kremnice obce Kremnické Bane, Kunešov, Lúčky, Kopernica, Krahule, Nevoľné a Turček. Na Poľane, v Javorí a v Cerovej vrchovine sme za reprezentatívne časti považovali prechod hornatinovej, resp. vrchovinovej krajiny do pahorkatín až rovinných polôh priľahlých kotlín. Na Poľane ide o územie od Kostolnej, cez Detvu až po Hriňovú (resp. jej časť Priehalinu) zaberajúce charakteristické lazničke osídlenie a nad nimi ležiace svahy stratovulkánu Poľana. V Javorí do skúmaného územia patria obce Breziny, Podzámčok, Dobrá Niva a Sása ležiace v Pliešovskej kotline a lesom obklopené osady Michalková, Kráľová, Podnásad a Zaježová. V Cerovej vrchovine sme zvolili územie v okolí Fiľakova, teda časť Juhoslovenskej kotliny a Cerovej vrchoviny s obcami Biskupice, Belina, Radzovce, Bulhary, Šíd, Čamovce, Šurice, Hájnačka, Konrádovce a Čierny Potok. Vlastnosťami prírodnej krajiny sú si navzájom najviac podobné modelové územia Kremnické vrchy a Poľana. Tieto územia sú najvyššie položené, s najväčšou členitosťou reliéfu, tomu odpovedajúcej chladnejšej klíme a vegetácii s výrazným podielom spoločenstiev vyšších vegetačných stupňov. O niečo nižšie situované, s menšou členitosťou, teplejšou klímou je modelové územie Štiavnické vrchy, ktoré však svojim charakterom možno ešte pričleniť k prvým dvom. Odlišné od predchádzajúcich je modelové územie Javorie, ktoré tvorí akýsi prechod od predchádzajúcich podhorských až horských krajín ku najvýraznejšie odlišnému modelovému územiu, s charakterom kotlinovej krajiny, Cerovej vrchovine.

Druhotná štruktúra krajiny skúmaných území bola spracovaná vizuálnou interpretáciou ortofotomáp z roku 2003 v mierke 1:5 000 (©Geodis, ©EuroSense). Vychádzali sme z metodiky CORINE Land Cover, no triedy DŠK sme zlúčili do zjednodušených kategórií, ktoré umožnia ich porovnanie so staršími mapovými podkladmi v nasledujúcich fázach výskumu: les, lesokroviny nelesná drevinová vegetácia (NDV), trávobylinné porasty (TBP), trvalé kultúry, polia, vodná plocha, odkryté podložie a urbanizované plochy. Identifikované triedy DŠK boli on screen vektorizované výsledkom čoho boli farebné polygónové mapy.

Pre charakteristiku a vzájomné porovnanie druhotnej štruktúry krajiny sme vypočítali (pomocou Patch analyst 4) nasledovné krajinné indexy:

- *Počet jednotiek (N)* (samostatných polygónov) polygónov daného typu (kategórie);
- *Priemerná veľkosť (\bar{O} v ha)* samostatnej jednotky (polygónu) daného typu;
- *Medián z veľkostí* samostatných jednotiek (polygónu) daného typu;
- *Variačný koeficient veľkosti (Cv%)* samostatných jednotiek (polygónov) daného typu;
- *Hustota dĺžky hraníc (ED)* – podiel celkovej dĺžky hranice kategórie a plochy celého územia;
- *Priemerná fraktálna dimenzia plôšky (FD)* – miera zložitosti tvaru obvodu plôšky;
- *Plochou vážená priemerná fraktálna dimenzia plôšky (WFD)* – rovnaký index ako predchádzajúci pri výpočte vážený veľkosťou každej plôšky;
- *Shannonov index heterogenity (SDI)*;
- *Index vyrovnanosti štruktúry (SEI)* - podiel skutočnej miery heterogenity a maximálne možnej heterogenity;
- *Priemerná vzdialenosť k najbližšiemu susedovi (MNN)* – pre každý polygón určitého typu (kategórie) sa zistí najmenšia vzdialenosť k plôške rovnakého typu;
- *Index susedstva (IJI)* – index poukazuje, či plôšky uprednostňujú susedstvo len s istým typom plôšok alebo rovnomerne susedia so všetkými ostatnými typmi;
- *Index najväčšej plôšky (LPI)* – podiel najväčšej plôšky daného typu a plochy celého územia.

Posledným indexom, pomocou ktorého sme porovnávali hodnotené územia, bola heterogenita, vypočítaná pomocou Shannonovho indexu (SDI). Vypočítali sme ju pre abiotické vlastnosti (reprezentovaných vlastnosťami reliéfu) jednotlivých hodnotených území i pre DŠK. Rozmanitosť abiotických podmienok sme stanovili na základe rozmanitosti reliéfu (nadmorská výška, poloha na svahu, tvary reliéfu, privrátenosť svahov k svetovým stranám a sklon). Vlastnosti reliéfu sme vybrali preto, že sú veľmi presne stanoviteľné z topografických máp, sú odrazom vlastností geologického podložia a klímy, vlastnosti reliéfu odrážajú odtokové pomery, zmenu vlastností pôdy i vegetácie, vlastnosti reliéfu umožňujú alebo naopak znemožňujú určité využívanie územia (Gallay 2008). Veľkosť heterogenity sa zvyšuje s veľkosťou územia, pre ktoré sa počíta. Heterogenitu sme vypočítali pre každé územie ako celok – výsledná hodnota za celé územie a v druhom kroku sme každé územie prekryli kilometrovou štvorcovou sieťou a heterogenitu sme vypočítali pre tieto štvorce. Výslednú mapu sme získali interpoláciou hodnôt z jednotlivých štvorcov. Heterogenita bola vypočítaná v programe ArcGIS 9.2 rozšírením Patch analyst 4. Rovnakým postupom sme vypočítali pre všetky modelové územia tiež heterogenitu druhotnej štruktúry krajiny.

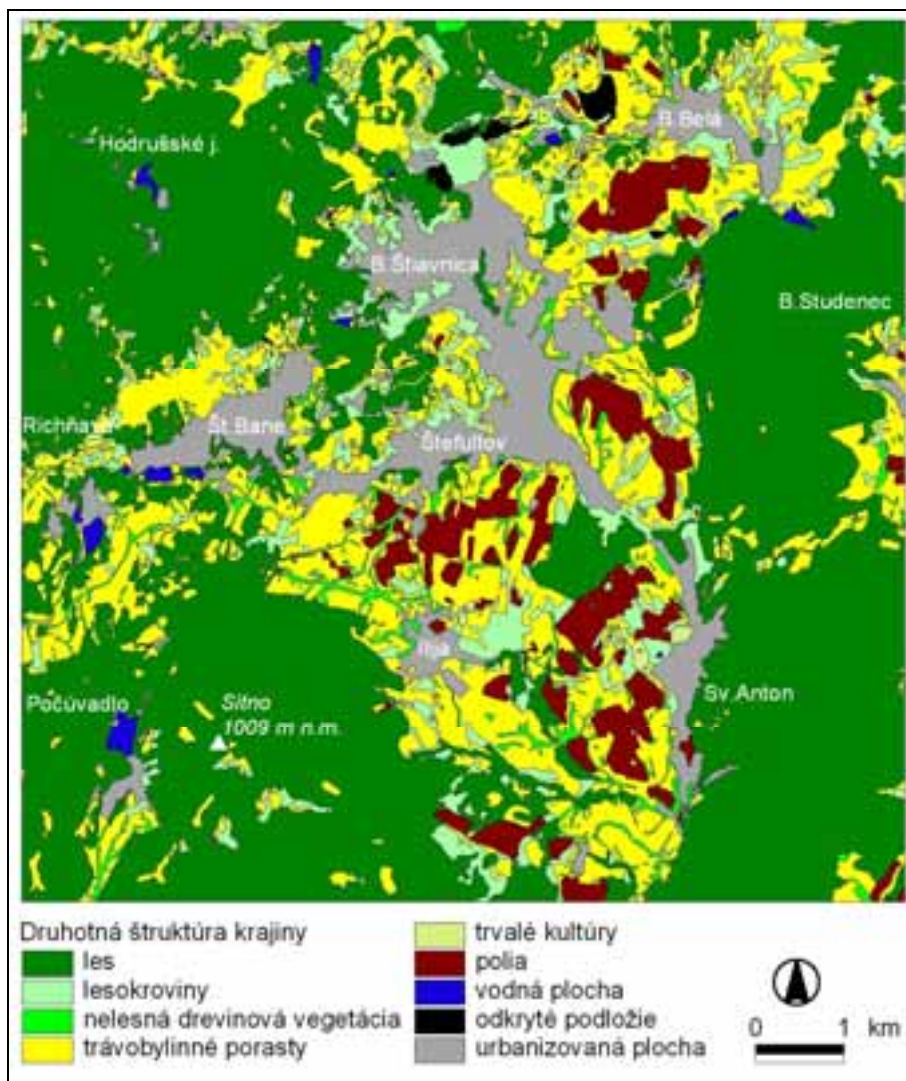
VÝSLEDKY

Druhotná štruktúra krajiny

V skúmanom území Štiavnických vrchov (obr. 1) z hľadiska pokryvnosti jasne dominuje les, ktorý tvorí 3 súvislé plochy. Leží na svahoch Sitna, pokrýva záver Hodrušskej doliny a V časť územia (okrem okolia Banského Studenca). Druhou najrozšírenejšou kategóriou DŠK sú trávobylinné porasty, ktoré tvoria prechod od lesa k sídlam. Centrálnu časť vyplňa takmer súvislo urbanizovaná plocha sídiel Banská Štiavnica, Štefultov, Štiavnické Bane a Svätý Anton. Samostatne ležia obce Ilija a Banská Belá. Ostatné urbanizované plochy predstavujú rekreačné oblasti prevažne individuálnych chatových osád v okolí banskoštiavnických tajchov. Najrozsiahlejšie plochy sú v okolí Počúvadlianskeho, Richňavských a Hodruškého tajchu. Polia vo forme veľkoblukov ornej pôdy ležia medzi obcami v centrálnej a východnej časti. Relatívne vysokú pokryvnosť dosahujú formácie lesokrovín, t.j. plôch pôvodne využívaných ako trvalé trávne porasty no v súčasnosti v rôznych štádiách zarastania drevinami. Ide na jednej strane o enklávy lúk v lesných komplexoch, na druhej strane sa však rozsiahle lesokroviny nachádzajú aj v bezprostrednej blízkosti sídiel a tvoria prechod k súvislo zapojenému lesu. Nelesná drevinová vegetácia predstavuje prevažne

líniové brehové porasty miestnych tokov, sprievodnú vegetáciu okolo komunikácií a plošne menšie enklávy drevín v poľnohospodárskej krajine. Vodné plochy sú reprezentované 20 umelými vodnými nádržami – tajchami, ktoré slúžili ako zdroj hnacej sily pre banské stroje a v súčasnosti sú využívané prevažne pre rekreáciu. Odkryté podložie je tvorené aktívnym kvarcitovým lomom Šobov, výsypkami a odkaliskami. Trvalé kultúry predstavujú ovocné sady v okolí Svätého Antona, ktoré však postupne zarastajú v dôsledku nevyužívania.

Rovnako ako v predchádzajúcom území, tak aj v skúmanom území Kremnických vrchov (obr. 2), les pokrýva viac ako polovicu skúmaného územia vytvára rozsiahlu súvislú plochu vo východnej časti a niekoľko menších plôch ležiacich na vyvýšených chrbtoch medzi sídlami.

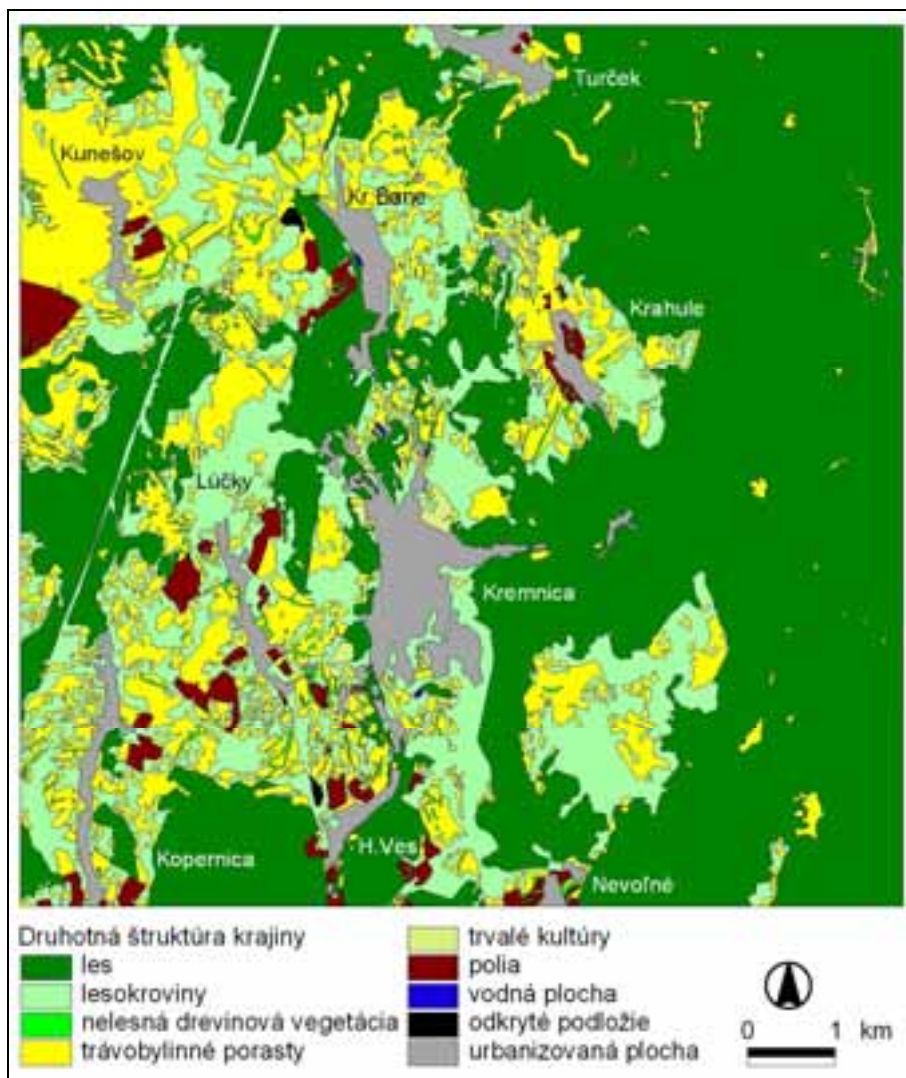


Obr. 1. Druhotná štruktúra krajiny skúmaného územia Štiavnických vrchov

V poľnohospodárskej krajine sú plošne najrozšírenejšou kategóriou lesokroviny, ktoré predstavujú postupne zarastajúce trvalé trávne porasty a poľia. Lesokroviny pokrývajú rozsiahle plochy v bezprostrednej blízkosti sídiel a tvoria súvislý prechod do lesných komplexov. Z mapy DŠK je zreteľný trend postupného zarastania trávobylinných porastov a polí v dôsledku ich neobhospodarovania. Pôvodne otvorená poľnohospodárska krajina sa postupne uzatvára. Rozlohou menšie plochy ornej pôdy ležia len ojedinele pri sídlach. Nelesná drevinová vegetácia, ktorá sa pôvodne vyskytovala vo forme líniovej či maloplošnej vegetácie, bola pohltená rozrastajúcimi sa lesokrovinami. Jasne je to vidieť na jemnej štruktúre lesokrovín v okolí Kopernice, Lúčok a Hornej Vsi. Urbanizované plochy predstavujú obytnú a priemyselnú časť mesta Kremnica a okolité obce Kremnické Bane, Krahule, Kunešov, Lúčky, Kopernica, Horná Ves, Nevoľné a Turček. Sídlá sú viazané na hlavnú urbanizačnú os, ktorá sa ťahne severojužným smerom. V severovýchodnej časti

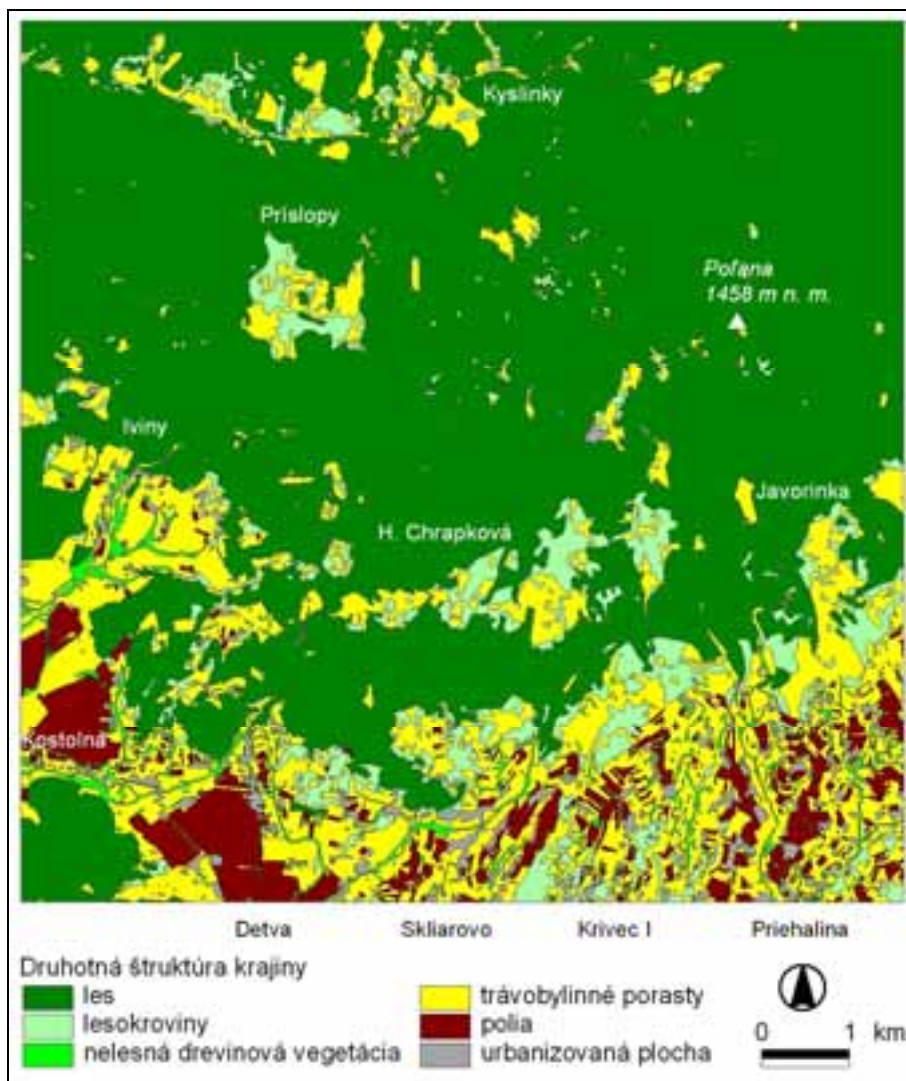
územia leží aj športové stredisko Skalka. Trvalé kultúry predstavujú len niekoľko desiatok hektárov ovocných sádov a záhradkárskych osád ležiacich v okolí Kremnice. Vodné plochy sú zastúpené 3 umelo vytvorenými vodnými nádržami. V území sme identifikovali aj 2 plochy odkrytého podlažia pri Kremnických Baniach a pri Hornej Vsi.

V skúmanom území Poľany (obr. 3) spomedzi všetkých identifikovaných tried DŠK dominuje les, ktorý pokrýva takmer 2/3 územia.



Obr. 2. Druhotná štruktúra krajiny skúmaného územia Kremnických vrchov

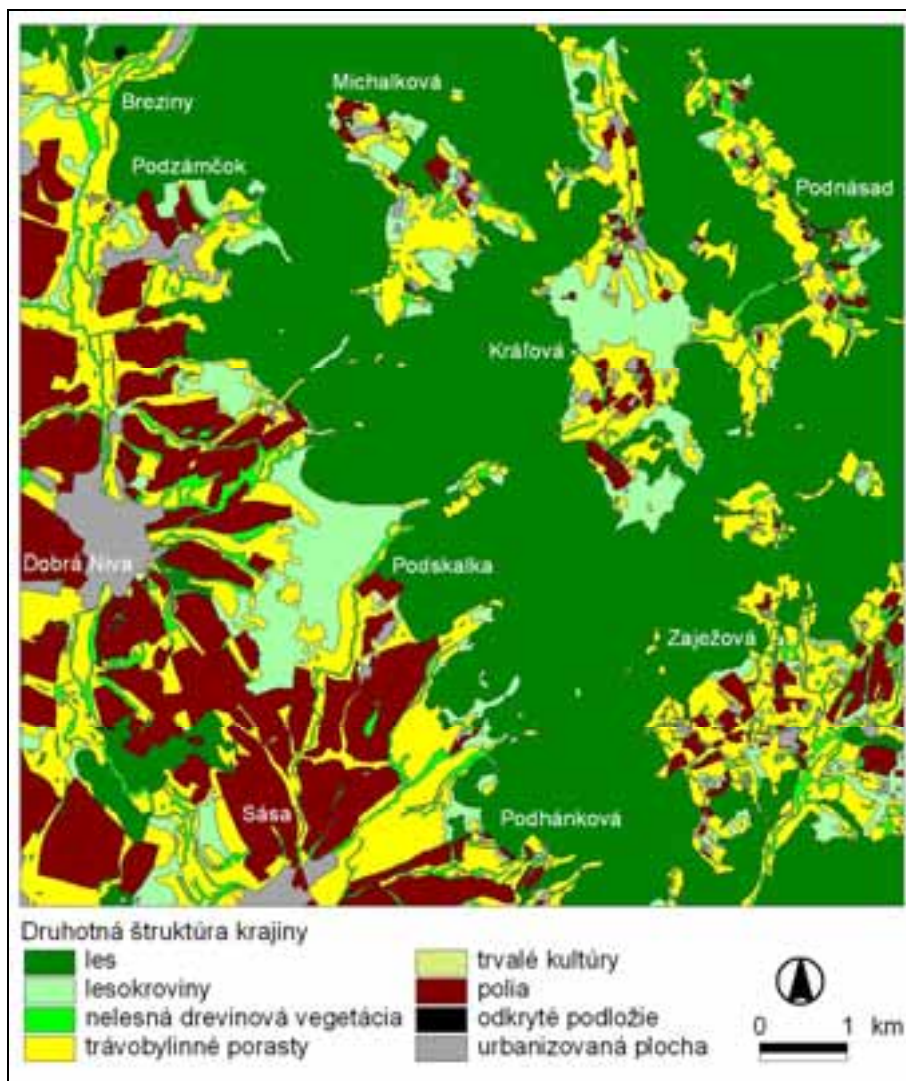
Urbanizované plochy sú značne rozptýlené, čo je charakteristické pre krajinu s lazničným osídlením. V juhozápadnej časti sa jednotlivé usadlosti koncentrujú pozdĺž hlavných komunikačných osí v údolných polohách (Iviny, Kostolná, Detva-Stavanisko, Skliarovo), v juhovýchodnej časti (Hriňovské lazy Krivec I, Priehalina) sú rozptýlené rovnomernejšie a ležia na úzkych plochých chrbtoch. Horská oblasť Poľany je urbanizovaná len minimálne (Horský hotel Poľana a osada Kyslinky ležiaca v centre kaldery stratovulkánu). Na osídlenie sa viažu plochy poľí. V juhozápadnej časti sú to veľkobloky ornej pôdy pokrývajúce rovinné a pahorkatinové polohy, v južnej a juhovýchodnej časti úzkobloky poličok ležiace na úzkych chrbtoch. Trávobylinné porasty obklopujú sídla a poľa. S rastúcou nadmorskou výškou tvoria prechod do lesnej krajiny, v nižších polohách pokrývajú nivy potokov a susediace svahy. V lesoch nachádzame rozsiahle aj menšie enklávy TTP, ktoré sú však v rôznych štádiách zarastania drevinami, čiže tvoria lesokroviny. Tieto sa nachádzajú aj na styku poľnohospodárskej a lesnej krajiny na opustených TTP. NDV sme identifikovali ako brehové porasty, líniové a plošne menšie porasty drevín v poľnohospodárskej krajine.



Obr. 3. Druhotná štruktúra krajiny skúmaného územia Poľany

V skúmanom území Javoria (obr. 4) takmer presnú polovicu územia pokrýva les, zvyšok tvorí poľnohospodárska krajina so sídlami. Dve hlavné geomorfologické jednotky (masív Javoria a príľahlá Pliešovská kotlina) determinujú aj tvar a veľkosť tried DŠK. V kotline ležia rozsiahlejšie vidiecke sídla Dobrá Niva, Sása, Podzámčok a časť Brezín, na ktoré nadväzujú veľkobloky ornej pôdy prerušované líniami NDV a trávobylinnými porastami. Prechod kotliny do pohoria charakterizuje výskyt menších enkláv osídlenia ako Podháňková a Podskalka, zvýšenie rozlohy trávobylinných porastov a lesokrovín. Masív Javoria je porastený lesom, v ktorom sa nachádzajú enklávy rozptýleného osídlenia laznického typu (Zaježová, Podnásad, Kráľová, Michalková). Plochy tried DŠK sú menšie a koncentrovanejšie. Na laznícke usadlosti nadväzujú záhrady a úzkobloky poľí, ktoré sú ďalej obklopené trvalými trávovými porastmi, v odľahlejších opustených častiach zarastajúce lesokrovinami.

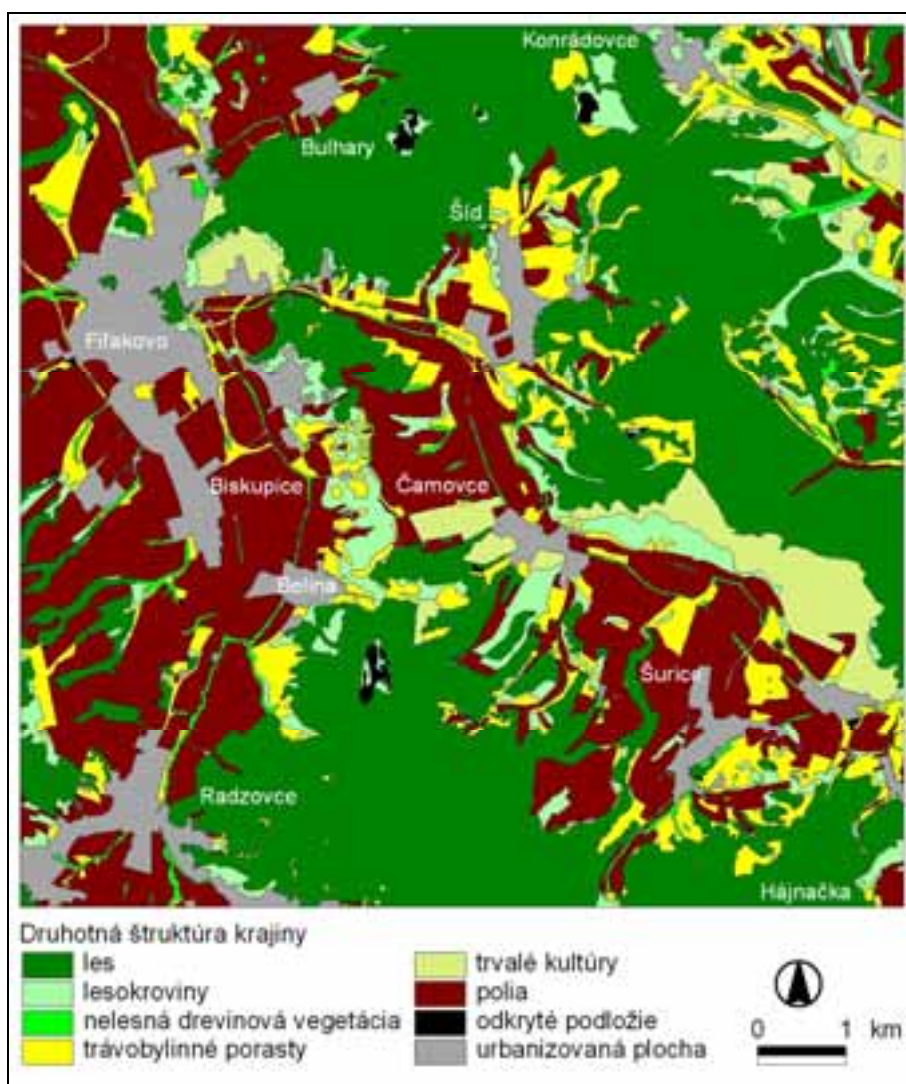
V skúmanom území Cerovej vrchoviny (obr. 5) je plošne najrozsiahlejšou kategóriou DŠK les. Urbanizované plochy tvorí mesto Filákov spolu s okolitými obcami. Sídla sú obklopené poľnohospodársky využívanými plochami. V nižšie položených častiach sú to veľkobloky poľí ojedinele prerušované pásmi trvalých trávnych porastov alebo lesa. Na klimaticky priaznivých svahoch a na umelo vytvorených terasách ležia plochy trvalých kultúr – sádov a vinogradov, čo charakteristickou črtou v tomto type krajiny. Rovnako zaujímavým je relatívne veľký výskyt kameňolomov (odkryté podložie). Lesokroviny pokrývajú plochy bývalých TTP susediacich s lesom ale aj rozsiahle plochy opustených sádov a viníc. NDV sú tvorené brehovými porastmi, sprievodnou vegetáciou ciest a remízkami.



Obr. 4. Druhotná štruktúra krajiny skúmaného územia Javoria

Pre vzájomné porovnanie skúmaných častí krajín neovulkanitov stredného Slovenska môžeme použiť zosumarizované rozlohy tried DŠK, resp. ich percentuálny podiel (obr. 6). Vidíme, že lesná krajina prevláda s viac ako 50 % vo všetkých skúmaných územiach. Na Poľane les pokrýva až takmer 65 %. Výnimkou je Cerová vrchovina, kde les tvorí len okolo 41 %, no i tak je najrozsiahlejšou triedou DŠK. Vzácná zhoda je aj v rozlohe trávobylinných porastov, ktoré tvoria od 18 do 21 %, v Cerovej vrchovine len približne 11 %. Rovnako vyrovnané sú podiely lesokrovín, okolo 7 % územia s výnimkou Kremnice, kde predstavujú vyše 19 %. Značne rozdiely sú v rozlohách urbanizovaných plôch a polí. Najmenšiu plochu zaberajú sídla na Poľane a v Javorí, typ osídlenia je tu však veľmi podobný. Menšie vidiecke sídla v kotlinovej časti a laznicke osídlenie vo vyšších polohách. Charakter osídlenia v Štiavnických vrchoch, Kremnických vrchoch a Cerovej vrchovine je tiež značne podobný. Nachádza sa tu menšie mesto (Banská Štiavnica, Kremnica, Filákov), ktoré postupne zrasta o okolitými obcami (Štefultov, Kremnické Bane, Horná Ves, Biskupice) a niekoľko samostatných vidieckych sídiel. V rozlohe a charaktere polí sú skúmané územia značne diferencované. Najmenej polí je v Kremnici, kde dochádza k ich rozsiahlemu úbytku v dôsledku neobhospodarovania. V Štiavnických vrchoch a na Podpoľaní je podiel ornej pôdy takmer rovnaký, rozdielny je len jej charakter. Na Poľane ide o úzkobloky na terasách, v Banskej Štiavnici o stredne veľké bloky ornej pôdy na plochých chrbtoch. Javorie predstavuje zmiešaný typ, veľkobloky polí v kotline a úzkobloky vo vrchovine. V Cerovej vrchovine a príľahlej Juhoslovenskej kotline sa orná pôda vyskytuje takmer výlučne vo forme veľkoblakov a zaberá aj najväčšiu rozlohu spomedzi skúmaných území. Charakteristickým pre krajinu Cerovej vrchoviny je

aj relatívne vysoký podiel trvalých kultúr (záhrad, viníc a sádov), ktorý vyplýva z jej priaznivých klimatických podmienok.



Obr. 5. Využitie krajiny skúmaného územia Cerovej vrchoviny

Hodnotenie indexov na úrovni celej krajiny

Najväčší počet samostatných plôšok je na Poľane (1940), za ním nasledujú Štiavnické vrchy (1464) a Javorie (1128). Podstatne menej rozdrobená je krajina v Cerovej vrchovine (981) a v Kremnických vrchoch (848), v rámci ktorých je aj najväčšia priemerná veľkosť plôšky. Rovnako variabilita veľkosti plôšok je väčšia v územiach s vyšším počtom samostatných plôšok, najvyššia je na Poľane a najnižšia v Cerovej vrchovine. Celková dĺžka hraníc (ekotónov) je vyrovnaná vo všetkých štvorcoch, avšak najvyššia v Štiavnických vrchoch a najnižšia v Cerovej vrchovine. Priemerná dĺžka hraníc na jednu plôšku je najvyššia v Kremnických vrchoch a výrazne najnižšia na Poľane, čo by znamenalo, že plôšky na Poľane sú väčšinou pravidelných tvarov. Túto domnienku potvrdzuje aj najnižšia hodnota indexu tvaru na území Poľany (1,62). O niečo vyššie hodnoty (1,86) sú v Štiavnických vrchoch a v Cerovej vrchovine. Najvyššie hodnoty majú Javorie (1,91) a Kremnické vrchy (2,00). Táto charakteristika na Poľane je ovplyvnená najmä tvarom malých plôch, pri vzatí do úvahy najmä väčšie plochy je práve Poľana najmenej pravidelná a najpravidelnejší tvar majú plôšky v Cerovej vrchovine. Podľa fraktálov, najzložitejšia štruktúra (tvar plôšok) je v skúmanom území Kremnických vrchov, nižšia zložitosť je na Poľane, v Javorí a v Cerovej vrchovine, najnižšia v Štiavnických vrchoch. Najmenšia izolovanosť (najmenšia vzdialenosť medzi nimi) plôšok rovnakého typu je na Poľane, o niečo vyššia je v Kremnických vrchoch a Javorí, ešte vyššia v Štiavnických vrchoch a najvyššia v Cerovej vrchovine.

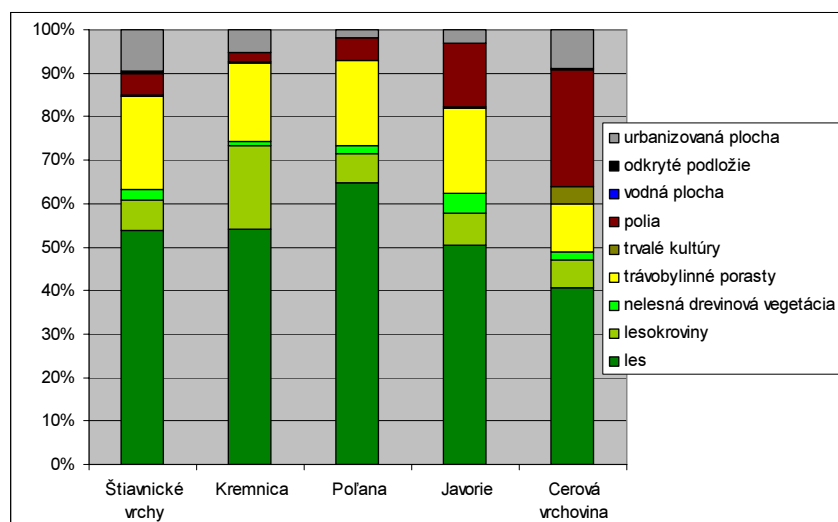
Najrovnomernejšie susedstvo je v Cerovej vrchovine a potom na Poľane. Javorie a Štiavnické vrchy majú menej vyrovnané susedstvo a najmenej majú Kremnické vrchy. Najväčšia plocha má najvyšší vplyv na Poľane, o niečo nižší v Kremnických vrchoch a v Javorí a najnižší (najmenšie plôšky sú) v Cerovej vrchovine a Štiavnických vrchoch.

Hodnotenie indexov na úrovni tried DŠK

Najviac rozdrobenou kategóriou DŠK v *Štiavnických vrchoch* je nelesná drevinová vegetácia (NDV), ktorá má najviac samostatných plôšok, priemerná veľkosť plôšky je najnižšia ako aj podiel jej najväčšej plôšky z celkovej plochy kategórie je veľmi nízky. Naopak najsúvislejšie územie zaberajú lesy, ktoré majú malý počet samostatných plôšok a ich priemerná veľkosť je výrazne najvyššia v porovnaní s ostatnými kategóriami DŠK, taktiež index LPI (podiel najväčšej samostatnej plôšky kategórie z celkovej plochy kategórie v území) je výrazne najvyšší. Veľkú rozdrobenosť vykazujú aj TBP a lesokroviny. Variabilita veľkosti jednotlivých plôšok je všeobecne veľmi veľká, najvyššia pri urbanizovaných plochách a lese. Naopak najmenšiu variabilitu veľkosti vykazujú trvalé kultúry a odkryté podlažie. Najväčšiu dĺžku hraníc v území majú TBP a najnižšiu trvalé kultúry. Najzložitejší tvar plôšok (najviac vzdialený kruhu či štvorcu), a teda možno predpokladať že aj najprirodzenejší, majú NDV a lesokroviny. Naopak najjednoduchší (najpravidelnejší) tvar vykazujú plôšky odkrytého podlažia, trvalých kultúr a polí. Najviac izolované sú plôšky odkrytého podlažia a vodných plôch, naopak najmenej plôšky TBP a lesa. Najrovnomernejšie so všetkými kategóriami susedia TBP a urbanizované plochy, naopak najvýraznejšiu preferenciu susedstva s určitými plochami vykazuje NDV.

V skúmanom území *Kremnických vrchov* má najväčší počet samostatných plôšok kategória TBP, potom NDV a lesokroviny, pričom najrozdrobenejšia je NDV, ktorá má zároveň zo všetkých kategórií najmenšiu priemernú veľkosť plôšky a tiež index LPI je najnižší. Najsúvislejšie plochy zaujíma les, ktorého počet samostatných plôšok patrí k najnižším, priemerná veľkosť plochy a index LPI sú výrazne najvyššie. Relatívne súvislé sú aj urbanizované plochy s malým počtom samostatných plôch a druhou najväčšou priemernou veľkosťou plošiek. Variabilita veľkosti plošiek je veľká u všetkých kategórií, avšak najnižšia je odkrytého podlažia, vodnej plochy, trvalých kultúr (zapričinené aj veľmi malým počtom plôšok) a NDV. Najdlhšie hranice vykazujú TBP a lesokroviny, naopak najkratšie hranice odkryté podlažie, vodné plochy, trvalé kultúry (málo zastúpené s nízkym počtom plôšok) a orná pôda. Najkomplexnejšie (prirodzenejšie) tvary majú kategórie NDV, lesokroviny a TBP. Relatívne vysokú hodnotu dosahujú aj urbanizované plochy. Najpravidelnejšie tvary majú odkryté podlažie a polia. Najviac izolované sú plôšky odkrytého podlažia, vodnej plochy a trvalých kultúr, najmenej izolované sú plôšky lesokrovín, TBP a NDV. Najvyrovnanejšie susedia s ostatnými kategóriami trvalé kultúry a polia. Najviac preferujú susedstvo s určitými kategóriami NDV a lesokroviny.

Krajina v rámci skúmaného územia *Poľany* má najmenší počet kategórií DŠK z hodnotených modelových území. Neidentifikovali sme tu kategórie odkryté podlažie, trvalé kultúry a vodné plochy. Najrozdrobenejšou kategóriou aj v tomto území sú NDV s najväčším počtom samostatných plôšok a zároveň s najnižšou priemernou veľkosťou plôšky a druhým najnižším indexom LPI. Medzi veľmi rozdrobené kategórie patria aj lesokroviny a urbanizované plochy. Najsúvislejšie plochy tvorí aj tu les, ktorý má najnižší počet samostatných plôšok s najväčšou priemernou veľkosťou a najväčšou hodnotou LPI indexu. Variabilita veľkostí plôšok je veľká, najväčšia pri TBP a lese, najmenšia pri urbanizovaných plochách a lesokrovinách. Najdlhšie hranice majú TBP, najkratšie urbanizované plochy a polia. Najkomplexnejší tvar plôšok je u NDV a TBP, naopak najpravidelnejší je polí a lesa. Najizolovanejšie v území sú plôšky lesa, najmenej izolované sú NDV, polí a urbanizovaných plôch. Najvyrovnanejšie (viac-menej bez žiadnej preferencie) susedia s inými kategóriami plôšky TBP, naopak najviac preferujú susedstvo len s určitými kategóriami plôšky NDV.



Obr. 6. Zastúpenie tried druhotnej štruktúry krajiny v skúmaných územiach

Najrozdrobenejšou kategóriou DŠK v *Javorí* je NDV s najväčším počtom samostatných plôšok a zároveň s takmer najnižšími hodnotami priemernej veľkosti plôšky a indexu LPI. Medzi značne rozdrobené kategórie patri aj TBP a urbanizované plochy. Najsúvislejšie plochy zaberá les, ktorý má výrazne najväčšiu priemernú veľkosť plôšky ako aj index LPI. Variabilita veľkostí jednotlivých plôšok je veľká, najvyššia u lesa a urbanizovaných plôch, najnižšia pri trvalých kultúrach. Najdlhšiu hranicu v území majú TBP a najkratšiu trvalé kultúry. Tvarovo najkomplexnejšie sú plôšky NDV, za nimi nasledujú plôšky TBP a lesa. Tvarovo najjednoduchšie sú plôšky odkrytého podložie a urbanizovaných plôch. Najviac izolované sú plôšky trvalých kultúr, urbanizovaných plôch a lesokrovín. Najmenej izolované sú plôšky TBP, NDV a polí. Najrovnomernejšie s ostatnými kategóriami susedia plôšky trvalých kultúr, TBP a urbanizovaných plôch. Najviac preferujú susedstvo len s určitými kategóriami plôšky NDV avšak v menšej miere ako u predchádzajúcich kategórií.

Najrozdrobenejšími kategóriami DŠK v skúmanom území *Cerovej vrchoviny* sú TBP a NDV. Najsúvislejšie plochy aj tu zaberá les, avšak podstatne menej výrazne ako v predchádzajúcich územiach. Rovnako to platí aj pre priemernú veľkosť plôšky, ktorá je najväčšia u lesa, ale rozdiel voči ostatným kategóriám nie je zďaleka taký výrazný ako v predchádzajúcich územiach. Všeobecne priemerná veľkosť plôšok jednotlivých kategórií v tomto území je väčšia než v predchádzajúcich územiach. Najväčšiu variabilitu veľkosti jednotlivých plôšok vykazujú les a urbanizované plochy. Najmenšiu variabilitu veľkosti vykazujú plôšky TBP, ktoré majú spolu aj s poliami najdlhšie hranice v území. Najkratšie hranice majú odkryté podložie a trvalé kultúry. Najväčšiu komplexnosť majú plôšky NDV a TBP. Tvarovo najjednoduchšie sú plôšky trvalých kultúr, lesa, polí a urbanizovaných plôch. Najizolovanejšie sú plôšky odkrytého podložie, trvalých kultúr a urbanizované plochy. Najmenej izolované sú plôšky polí, TBP a lesa. Všeobecne je rovnomernosť susedstva plôch jednej kategórie s plôškami iných kategórií vyrovnanejšia než v predchádzajúcich hodnotených územiach. Najrovnomernejšie susedia s inými kategóriami urbanizované plochy, polia, TBP a trvalé kultúry. Najviac len s istými kategóriami susedia plôšky NDV, avšak podstatne menej výrazne než pri ostatných porovnávaných plochách.

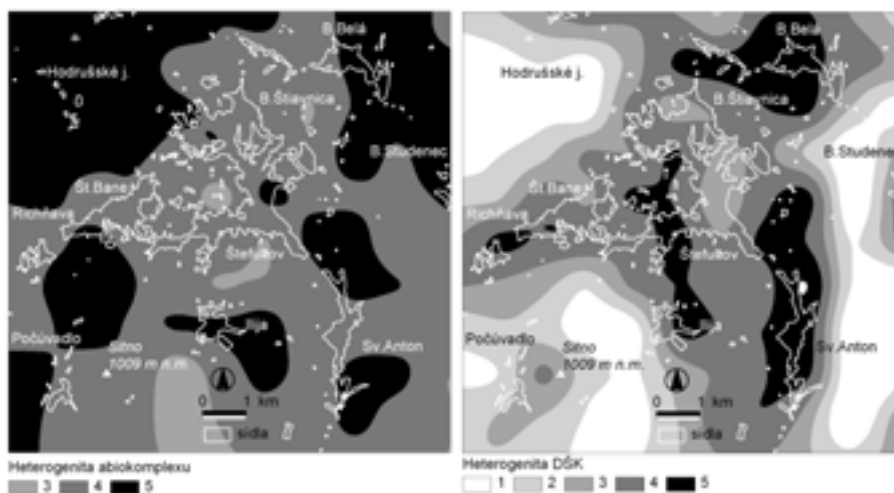
Súhrnne môžeme konštatovať, že najsúvislejšie plochy v každom štvorci zaberá les, avšak v skúmaných územiach Štiavnických vrchov a Cerovej vrchoviny je táto kategória podstatne rozdrobenejšia a rovnako i dominancia priemernej veľkosti plôšky lesa je v týchto štvorcoch podstatne nižšia. Naopak najrozdrobenejšou kategóriou DŠK vo všetkých skúmaných územiach je NDV, ktorej priemerná veľkosť plôšky patrí medzi najnižšie, rovnako ako aj LPI index. Variabilita veľkosti jednotlivých plôšok je veľmi veľká, najnižšia však u trvalých kultúr a odkrytého podložie s výnimkou Cerovej vrchoviny, kde nižšiu variabilitu vykazujú TBP, lesokroviny, i NDV. Najdlhšiu hranicu majú zvyčajne TBP a najnižšiu trvalé kultúry. V spojitosti s nižšou variabilitou veľkostí jednotlivých plôch trvalých kultúr a ich najkratšou hranicou vyplýva, že majú zvyčajne pravidelné

tvary s približne rovnakou veľkosťou. Najzložitejšie (prirodzenejšie) tvary majú kategórie NDV, lesokroviny a TBP. Najjednoduchší tvar majú plošky odkrytého podlažia, trvalých kultúr a polí. Relatívne jednoduché tvary majú aj plošky polí a lesa. Tento výsledok súhlasí so závermi (Turner 1987), že čím väčší je antropogénny vplyv, tým nižšie hodnoty dosahuje index fraktálnej dimenzie. Najviac izolované bývajú plošky kategórií vyskytujúcich sa ojedinelo – ako vodné plochy, odkryté podlažie či trvalé kultúry. Avšak v závislosti od vlastností krajiny môžu patriť medzi izolovanejšie plochy aj les alebo urbanizované plochy. Najmenej izolované bývajú plošky TBP, lesa, polí a NDV. Najrovnomernejšie s ostatnými kategóriami (bez výraznej preferencie nejakej kategórie) susedia plošky TBP, urbanizovaných plôch, trvalých kultúr a polí. Naopak, zvyčajne susedia len s istými kategóriami plošky NDV, lesokrovín alebo lesa.

Heterogenita krajiny

Keďže heterogenita abiotického komplexu dosahuje podstatne vyššie hodnoty ako heterogenita DKŠ, vytvorili sme stupnice dve. Pre lepšie vzájomné porovnanie území sme obidve stupnice stanovili tak, že sme najprv vypočítali heterogenitu všetkých území a celkový rozptyl hodnôt zatriedili do 5 stupňov (rovnaká šírka intervalu). Pri porovnaní indexov heterogenity vypočítaných za celé územie zisťujeme nepriamu úmernosť medzi heterogenitou abiotických vlastností a heterogenitou druhotnej štruktúry krajiny. Najvyššiu heterogenitu abiotických vlastností za celé územie je v modelovom území Poľana. Podobná hodnota bola vypočítaná aj v území Kremnické vrchy. Výraznejšie nižšia hodnota bola dosiahnutá v území Štiavnické vrchy, ktoré tvorí akýsi prechod k územiám Javorie a Cerová vrchovina s najnižšími hodnotami heterogenity. Pri hodnotení heterogenity DKŠ je situácia presne zrkadlová. Vo všeobecnosti pri celkovej generalizácii možno povedať, že najmä pri veľkých plochách sa ukazuje antagonistický vzťah medzi heterogenitou abiotického komplexu a DŠK.

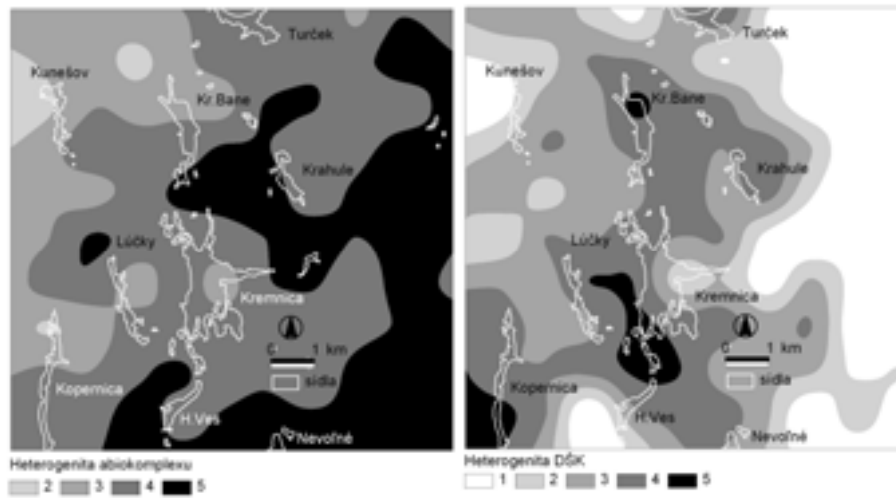
Na obr. 7 až 11 je znázornené priestorové rozloženie zmeny veľkosti heterogenity abiotických podmienok a DŠK v jednotlivých územiach.



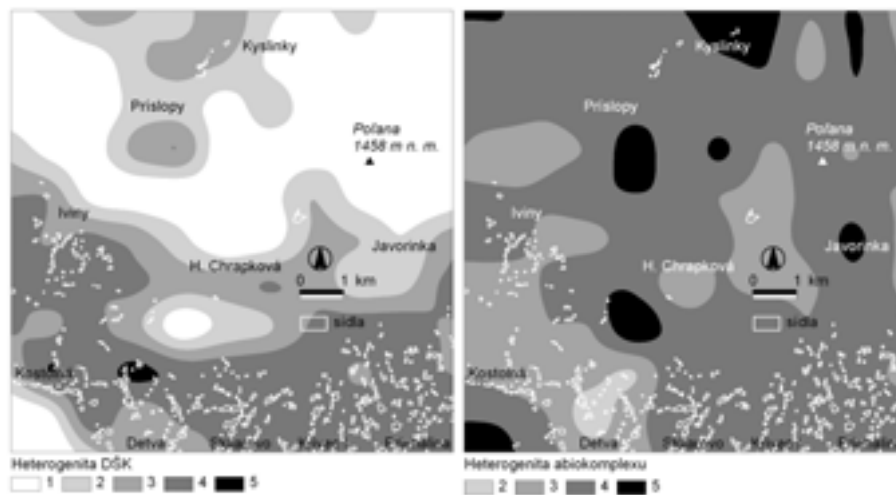
Obr. 7. Porovnanie heterogenity abiotických vlastností a DŠK skúmaného územia Štiavnických vrchov

Z rozloženia jednotlivých stupňov veľkosti heterogenity možno vo všeobecnosti pozorovať trend zistený z hodnôt za celé územia, a to, že najmä súvislejšie oblasti vysokej heterogenity abiotických podmienok približne zodpovedajú oblastiam nízkej heterogenity DŠK a naopak. Pri menších oblastiach rovnakého stupňa heterogenity už táto závislosť neplatí a napríklad v miestach vysokej heterogenity abiotických podmienok môže byť rovnako oblasť nízkej či vysokej heterogenity DŠK. Pri výpočte regresnej závislosti medzi heterogenitou abiotických vlastností a DŠK vypočítaných pre kilometrovú štvorcovú sieť nebola zistená žiadna závislosť. Je zaujímavé, že aj keď Poľana má najvyššiu hodnotu heterogenity abiotických podmienok za celý štvorec, pri výpočte heterogenity v štvorcovej sieti zaberá plocha s najvyšším stupňom heterogenity druhú najnižšiu plochu zo všetkých hodnotených území. Naopak najväčšiu plochu zaberá 5. stupeň

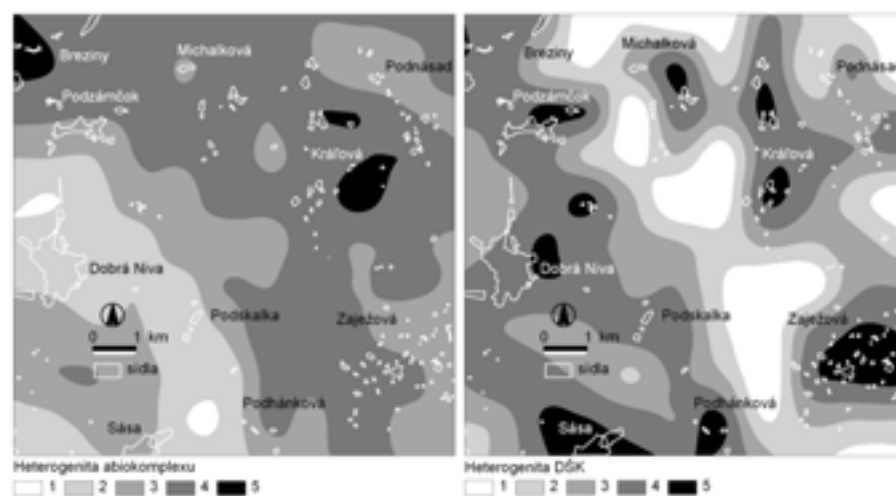
heterogenity v modelovom území Štiavnické vrchy (39 %). Podobne veľký podiel z územia 5. stupeň zaberá aj v modelových územiach Kremnické vrchy (31 %) a Cerová vrchovina (29 %). Najväčší podiel nižších kategórií heterogenity (1. a 2. stupeň) je v území Javorie (18 %).



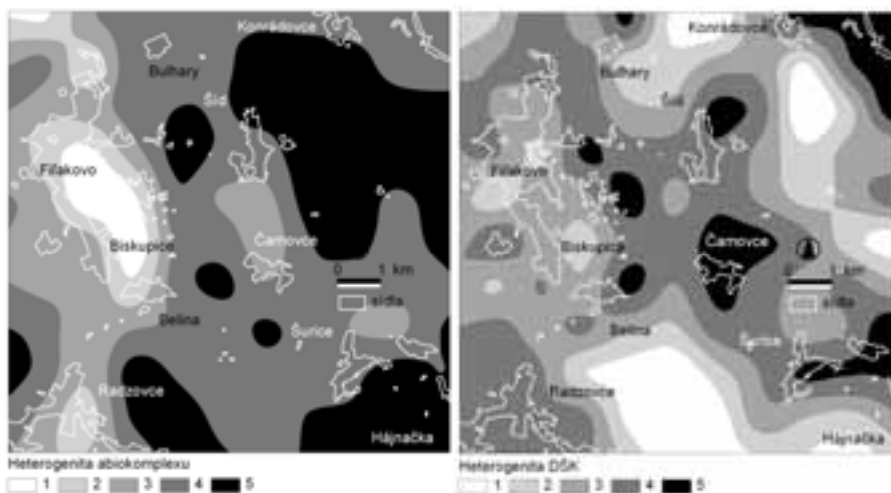
Obr. 8. Porovnanie heterogenity abiotických vlastností a DŠK skúmaného územia Kremnických vrchov



Obr. 9. Porovnanie heterogenity abiotických vlastností a DŠK skúmaného územia Poľany



Obr. 10. Porovnanie heterogenity abiotických vlastností a DŠK skúmaného územia Javoria



Obr. 11. Porovnanie heterogenity abiotických vlastností a DŠK skúmaného územia Cerovej vrchoviny

Pri porovnaní heterogenity DŠK vypočítanej v jednotlivých územiach v kilometrovej sieti, zistíme, že podiel najvyšších stupňov heterogenity (4. a 5.) z plochy modelového územia je v Štiavnických vrchoch (31 a 13 %), v Cerovej vrchovine (36 a 9 %) a Javorí (35 a 7 %). Naopak najmenší je v Kremnických vrchoch (25 a 4 %) a na Poľane (27 a 0 %).

ZÁVER

Súčasná krajina neovulkanitov stredného Slovenska odráža tak ich prírodné charakteristiky, ako aj antropogénny vplyv ako výsledok ich využívania ľudskou spoločnosťou. Poznanie súčasného stavu je prvým krokom k hlbšiemu poznaniu javov a procesov, ktoré viedli k postupnej zmene prírodnej krajiny na krajinu kultúrnu. Už prvotná analýza prírodných podmienok vybraných skúmaných území ukázala, ktoré krajiny sú podobné a ktoré naopak z hľadiska abiotických podmienok rozdielne. Rovnako táto charakteristika v hrubých rysoch načrtla aké formy využitia môžeme v tej - ktorej krajine očakávať. Analýza druhotnej štruktúry krajiny potvrdila naše predpoklady a načrtla spoločné trendy využitia podľa prírodných podmienok. V tretej časti sme podrobili prvotnú aj druhotnú štruktúru krajiny analýze na základe krajinných indexov, ktoré exaktne popisali obsahové a tvarové charakteristiky, priestorovú distribúciu a vzájomnú polohu plôšok. Aj táto analýza poukázala na blízkosť, postupný prechod či naopak rozdiely medzi skúmanými územiami.

Záverom môžeme konštatovať, že krajiny s podobnými prírodnými podmienkami boli aj podobne využívané a zároveň dosiahli aj podobné hodnoty krajinných indexov. Okrem prírodných podmienok však do značnej miery záležalo aj od historických fenoménov typu osídlenia (hrady, slobodné banské mestá, lazy) či špecifického využívania (ťažba vzácnych kovov) krajiny. Rovnako sa ukázali aj podobné súčasné problémy súvisiace s postupným zarastaním krajiny ako následok zníženia antropického tlaku na krajinu.

LITERATÚRA

- BOLTIŽIAR, M. 2007. Štruktúra vysokohorskej krajiny Tatier (Veľkomierkové mapovanie, analýzy a hodnotenie zmien aplikáciou údajov diaľkového prieskumu Zeme. UKF, ÚKE SAV a SNK MAB, Nitra, 248 s.
- FERANEC, J., OŤAHEL, J. 2001. Krajinná pokrývka Slovenska. Veda, Bratislava, 124 s. ISBN 80-224-0663-5
- FORMAN, R.T.T., GODRON, M. 1993. Krajinná ekológia. Academia, Praha, 584 s.
- GALLAY, I., 2008. Hodnotenie heterogenity abiotického komplexu CHKO-BR Poľana. In Dreslerová, J., (ed.) Venkovská krajina 2008. CZ-IALE, Lesnícká práce, Kostelec n. Černými Lesy, s. 18 -22.

- GUSTAFSON, E.J. 1998. Quantifying Landscape Spatial Pattern: What Is the State of the Art? *Ecosystems*, vol. 1, p. 143-156
- CHRASTINA, P. 2005. Vývoj krajiny ako fenomén environmentálnych dejín (na príklade Trenčianskej kotliny a jej horskej obruby). *Historická geografie*, 33, s. 9-19.
- CHRASTINA, P., BOLTÍŽIAR, M. 2006. Kultúrna krajina SV okraja Bakoňského lesa v Maďarsku (súčasnosť v kontexte minulosti). *Historická geografie*, 34, Suppl. I., 175-188.
- KRÖNERT, R., STEINHARDT, U., VOLK, M. (eds.) 2001. *Landscape Balance and Landscape Assessment*. Springer – Verlag, Berlin, 304 p.
- MCGARIGAL, K., MARKS, B. J. 1995. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW, p. 351
- MIKLÓS, L., IZAKOVIČOVÁ, Z. 1997. Krajina ako geosystém. Veda, Bratislava, 152 s.
- MEEUS, J., WIJERMANS, M., WROOM, M. 1990. Agricultural landscapes in Europe and their transformation. *Landscape and Urban Planning*, 18, 3-4, p. 289-352
- PETROVIČ, F. 2005. Vývoj krajiny v oblasti štálového osídlenia Pohronského Inovca a Tribeča. ÚKE SAV, Nitra, 209 s.
- PUCHEROVÁ, Z. a iní 2007. Druhotná krajinná štruktúra (metodická príručka k mapovaniu). FPV UKF, Nitra, 124 s.
- RUŽIČKA, M., RUŽIČKOVÁ, H., ŽIGRAJ, F. 1978. Krajinné zložky, prvky a štruktúra v biologickom plánovaní. *Quaestiones geobiologicae*, 23, s. 9-77.
- RUŽIČKOVÁ, H., RUŽIČKA, M. 1973. Druhotná štruktúra krajiny ako kritérium biologickej rovnováhy. *Quaestiones geobiologicae*, 12, s. 23-62.
- TURNER, M. G. 1987. Spatial simulation of landscape changes in Georgia landscape: a comparison of 3 transition models. - *Land. Ecol.*, 1, p. 29-36.

PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol ako súčasť riešenia projektu VEGA č. 1/0026/08 Vývoj využitia krajiny a jeho vzťah ku zložkám krajinoekologického komplexu.

VPLYV ZMIEN KRAJINNEJ ŠTRUKTÚRY NA DIVERZITU KRAJINY A BIODIVERZITU V KATASTRI OBCE KOŠ (HORNÁ NITRA)

František Petrovič¹, Stanislav David², Matej Mojses², Katarína Gerhátová²,
Tatiana Šolomeková², Gabriel Bugár¹

¹ Katedra ekológie a environmentalistiky FPV UKF v Nitre, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
email: fpetrovic@ukf.sk

² Ústav krajinnej ekológie SAV Bratislava, pobočka Nitra, Akademická 2, 949 01 Nitra

Abstrakt: Vplyv zmien krajinnej štruktúry na diverzitu krajiny a biodiverzitu v katastri obce Koš (Horná Nitra).

Ťažba hnedého uhlia Nováckeého uhoľného ložiska „na zával“ v katastri obce Koš vyvoláva povrchové deformácie. Porovnaním druhotnej krajinnej štruktúry katastra obce Koš v rokoch 1991 a 2007 boli hodnotené zmeny v zastúpení krajinných prvkov. V roku 1991 bolo identifikovaných 28 plošných krajinných prvkov a v roku 2007 až 41 plošných krajinných prvkov. Vo vzťahu k biodiverzite je najdôležitejší vznik nových krajinných prvkov, ako vodné plochy (24,66 ha), zamokrené územia (17,64 ha), opustené záhrady (74,71 ha) a úzko pásové polia (28,77 ha). Na vzniklé vodné plochy (Košské mokrade) je viazaná vysoká biodiverzita, výskum potvrdil výskyt 225 druhov cievnatých rastlín, 185 druhov vtákov, 20 druhov vážok, 8 druhov obojživníkov a 7 druhov rýb. Košské mokrade sú centrom biodiverzity Hornej Nitry, v prípade vtáctva nadregionálneho významu.

Kľúčové slová: zmeny krajiny, diverzita, biodiverzita, kataster obce Koš, Košské mokrade, Hornonitriansky región, Slovensko

Abstract: Impacts of landscape structure changes on the diversity of the landscape and biodiversity in cadastral area of the Koš (Horná Nitra region).

The method of brown coal mining used in Nováky coal deposit activates surface deformations in nearby cadastral area of the village Koš. By means of comparison of landscape structure mapped for two time periods in 1991 and 2007 changes in landscape utilisation have been evaluated. According to used mapping method, there are 28 landscape elements identified in year 1991 and 41 elements in year 2007. In relation to biodiversity development the most significant changes are recorded in area enlarging or generation of new water areas (24.66 ha), wetlands (17.64 ha), abandoned gardens (74.71 ha), and strip-mosaic agriculture land (28.77 ha). High biodiversity is linked to water areas and wetlands, the research documented the occurrence of 255 vascular plant species, 185 bird species, 20 dragonfly species, 8 amphibian species and 7 ichthyic species. The Košské wetlands represent a biodiversity centre in the Horná Nitra region, with supra-regional importance as for bird species.

Key words: landscape changes, diversity, biodiversity, Koš cadaster, Horná Nitra region, Slovakia

ÚVOD

S podpovrchovou ťažbou hnedého uhlia Nováckeého uhoľného ložiska handlovsko-nováckej uhoľnej panvy sa začalo v roku 1940. Ťažbou hlavného sloja v hĺbke 20 až 250 m o mocnosti 2,5 až 28,5 m „na zával“ bez zakládky sa prejavuje rôznymi formami poklesu nadložia. Na povrchu sa pokles prejavoval vznikom ťahových deformácií (trhlín) širokých až 4 m na úpätí pohoria Vtáčnik, strihovými deformáciami a najmä vertikálnymi pohybmi za vzniku povrchových depresí (www.hbp.sk). Povrchové deformácie z časti zasiahli severozápadnú časť obce Koš, miestne komunikácie a lokálne limitovali obrábanie poľnohospodárskeho pôdneho fondu. Na rekultivačné a sanačné práce bolo (podľa www.hnp.sk) vynaložených v roku 2007 2 945 000 Sk. V priebehu 80. až 90. rokov došlo k vysídleniu časti obce Koš, zmenili sa podmienky využitia časti územia katastra obce. Podpovrchová ťažba uhlia je aj príčinou zmien v štruktúre krajinných prvkov (súčasná krajinná štruktúra SKŠ) a ako uvádza Halmo et al. (2004) aj v hydrologickom režime územia.

Cieľom predloženej štúdie je analyzovať zmeny diverzity krajinnej štruktúry v rokoch 1991 a 2007, vyhodnotiť vplyv nových krajinných prvkov na vybrané zložky biologickej diverzity.

MATERIÁL A METÓDY

Po roku 1991 sa začali prejavovať povrchové deformácie reliéfu v dôsledky hlbínnej ťažby uhlia. Pre analýzu zmien krajinej štruktúry (KŠ) bolo zvolené obdobie rokov 1991 ako počiatočný stav pred jej zmenami, ktorý je porovnávaný so stavom v roku 2007. Podkladovým materiálom boli Základné mapy Slovenskej republiky v mierke 1 : 10 000 a ortofotosnímky 1 : 5 000 z rokov 2002/2003 (Geodis Slovakia, s.r.o.). Mapy boli verifikované podľa podkladov poskytnutých z Hornonitrinských baní, a.s., Prievidza a terénnym prieskumom v rokoch 2007 a 2008. Tvorba mapy druhotnej krajinej štruktúry (DKŠ) bola urobená v prostredí ArcView GIS 3.2, plošné zmeny KŠ boli analyzované Shannonovým indexom diverzity (H) a vyrovnanosti (E) pomocou modulu Spatial analysis (Nováková a iní 2005). Pri mapovaní a analýze DKŠ sa metodicky vychádzalo z 8 základných skupín krajinných prvkov (KP) podľa Ružičku (2000), ktoré boli podľa potreby ďalej delené. Pre ďalšiu interpretáciu sme vybrali skupiny KP, resp. ich podskupiny, ktoré v hodnotenom období vznikli, alebo u ktorých boli zistené najväčšie priestorové zmeny. V štúdiu uvedená charakteristika vegetácie a vybrané živočíšne skupiny boli skúmané štandardnými metódami fytoecologického, ornitologického, ichtyologického, batrachologického a hydrobiologického výskumu. Výskum prebieha na 8 mokradiach, v tejto štúdiu ich hodnotíme ako jeden typ biotopu.

VÝSLEDKY

Hodnotenie zmien druhotnej krajinej štruktúry

Exploatácia Nováckeho uhoľného ložiska pod obcou si už v roku 1950 vynútila stavebnú uzáveru dolnej časti obce k toku Handlovky. V roku 1985 bola pre obec Koš vypracovaná asanačná štúdia, ktorá určovala aj časové etapy postupu demolačných prác a odpojovanie inžinierskych sietí od vykúpených domov. Ťažba uhlia začala 1.1.1988 pod dolnou časťou obce a prebieha i v súčasnosti. Z uvedených príčin sa znížil počet obyvateľov obce z pôvodných 3500 na súčasných 1051 obyvateľov. Väčšina sa vysťahovala do obce Kanianka neďaleko Bojníc (www.obec-kos.sk).

Krajinná štruktúra v roku 1991

Výsledkom analýzy DKŠ katastra obce Koš k roku 1991 bola identifikácia 28 plošných krajinných prvkov. Toto obdobie ešte zachytáva pôvodnú obec Koš, pred začatím demolácie domového fondu v dolnej časti obce. Najväčší plošný podiel v tomto období dosahoval krajinný prvok - veľkoblková orná pôda s rozlohou 937,35 ha, čo predstavovalo viac ako 70 % rozlohy katastra obce (tab. 1). Orná pôda obklopovala intravilán obce zo severnej i južnej časti, ktorý pretínal kataster JV-SZ smerom, pričom jeho osou bol potok Ciglianka. Zástavba rodinných domov v tomto období tvorila len niečo viac ako 1 % rozlohy katastra (14,44 ha). Na ne nadväzujúce prídomevé záhrady boli rozlohou viac ako 5 krát väčšie (5,5 % rozlohy katastra). Viac ako 10,5 % rozlohy katastra (140,30 ha) tvorili pasienky. Najväčšie koncentrácie a rozlohy dosahovali severne od intravilánu obce v okolí baníckych areálov, v časti Busliny severne od štátnej cesty I/50 Koš - Prievidza a v okolí občasného vodného toku Metrbos. Okolie vodných tokov okrem brehových porastov (28,43 ha, tj. 2,13 % rozlohy katastra) tvorili z veľkej miery aj lúky (55,24 ha, tj. 4,15 % rozlohy katastra). Nachádzali sa v okolí menších vodných tokov Ťakov, Hlboké, ale aj väčších Ciglianky, Handlovky a v západnej časti katastra obkolesovali aj najväčší vodný tok v území rieku Nitru. Už v tomto období boli v území priemyselné prevádzky v severnej časti intravilánu a naopak rozsiahly areál roľníckeho družstva a ošipárenň južne od intravilánu obce. Minimálne rozlohy listnatých lesov (2,44 ha, tj. 0,18 % rozlohy katastra) hlavne v jeho južnej časti potvrdzovali polohu v poľnohospodársky úrodnej nive rieky Nitry. Územie v severnej i v južnej časti katastra pretína jednokolejná železnica a zhruba v strede cesta I/50.

Krajinná štruktúra v roku 2007

Nakoľko sme mali k dispozícii podrobnejšie podklady podarilo sa nám identifikovať až 41 plošných krajinných prvkov, ktoré reprezentujú súčasný stav využívania krajiny katastra obce Koš. Na prvý pohľad je badateľný poľnohospodársky charakter využívania územia katastra.

Tab. 1. Využívanie prvkov DKŠ katastra obce Koš v rokoch 1991 a 2007 (zdroj: F. Petrovič, orig.)

krajinný prvok	rok 1991			rok 2007		
	počet prvkov	rozloha (ha)	rozloha (%)	počet prvkov	rozloha (ha)	rozloha (%)
listnatý les	5	2,44	0,18	5	1,78	0,13
skupinky drevín	-	-	-	30	2,40	0,18
brehové porasty	30	28,43	2,13	38	54,41	4,08
líniová vegetácia	2	0,10	0,01	35	13,03	0,98
kroviny	2-	1,26	0,09	-	-	-
lúky	33	55,24	4,15	19	17,12	1,28
lúky - zamokrené	1	0,20	0,02	-	-	-
pasienky	53	140,30	10,53	-	-	-
pasienky s drevinami	1	4,20	0,32	-	-	-
nevyužívané TTP	1	0,28	0,02	47	38,52	2,89
orná pôda	90	937,35	70,35	58	963,39	72,30
Úzko pásové polia	-	-	-	10	28,77	2,16
ovocný sad	-	-	-	2	6,97	0,52
vodná plocha	-	-	-	24	24,66	1,85
vodný tok	4	5,51	0,41	-	-	-
zamokrené územie	-	-	-	28	17,64	1,32
rodinné domy	255	14,44	1,08	43	7,35	0,56
bytové domy	-	-	-	10	2,08	0,16
trvalo neobývané domy	-	-	-	33	2,34	0,18
areály vo výstavbe	-	-	-	1	0,08	0,01
zrúcaniny	-	-	-	5	0,48	0,04
prídomové záhrady	95	73,92	5,55	12	5,29	0,40
záhrady	-	-	-	56	74,71	5,61
verejná zeleň	14	2,42	0,18	6	2,21	0,17
občianska vybavenosť	-	-	-	3	0,28	0,02
areál školy	1	1,05	0,08	3	1,31	0,10
ihrisko	1	2,30	0,17	3	1,25	0,09
kostol	1	0,07	0,01	1	0,13	0,01
kaplnka	1	0,01	0,00	2	0,02	0,00
cintorín	3	2,61	0,20	3	2,08	0,16
dom smútku	1	0,02	0,00	1	0,10	0,01
priemyselné areály	1	5,10	0,38	4	6,69	0,50
areály baníctva	2	3,00	0,23	1	2,50	0,19
teplovod	-	-	-	2	0,76	0,06
skládky	-	-	-	2	1,51	0,11
roľnícke družstvo	3	14,05	1,05	4	13,87	1,04
ošipareň	1	9,31	0,70	1	8,82	0,66
spevnené hnojisko	-	-	-	1	0,52	0,04
diaľnica	1	2,52	0,19	-	-	-
komunikácie1	4	7,96	0,60	1	4,74	0,36
komunikácie2	36	13,69	1,03	2	7,52	0,56
komunikácie3	-	-	-	16	7,42	0,56
komunikácie4	-	-	-	8	4,97	0,37
parkovisko	-	-	-	3	0,34	0,03
spevnená plocha	-	-	-	1	0,17	0,01

krajinný prvok	rok 1991			rok 2007		
	počet prvkov	rozloha (ha)	rozloha (%)	počet prvkov	rozloha (ha)	rozloha (%)
železnica	3	4,65	0,35	4	4,20	0,32
spolu	-	1332,43	100,00	-	1332,43	100,00

Až 72,3 % katastra (963,39 ha) tvorí veľkobloková orná pôda, obkolesujúca intravilán zo severu i z juhu. Spolu s úzko pásovými poliami, ktoré na ňu nadväzovali v okolí intravilánu obce dosiahla skoro 75 % rozlohy katastra. Nakoľko kataster pretína niekoľkých tokov pomerne veľkú rozlohu tvoria brehové porasty (54,41 ha, tj. 4,08 % rozlohy katastra). Ich najväčšie rozlohy sú v SZ časti katastra v okolí rieky Nítry. Brehové porasty, v okolí tokov dopĺňali aj porasty lúk 17,12 ha. V tomto roku sme v obci rozlíšili prídomové záhrady obkolesujúce rodinné a bytové domy v južnej časti katastra 5,29 ha (0,40 % rozlohy katastra) a záhrady, ktoré ostali využívané v severnej časti intravilánu po vyst'ahovaní obyvateľov obce, ktorých rozloha bola 74,71 ha (5,61 % rozlohy katastra). Práve v týchto vyst'ahovaných častiach obce sa nachádzali trvalo neobývané domy na ploche 2,34 ha. V týchto lokalitách a prevažne v okolí komunikácií sme lokalizovali aj nevyužívané trvalé trávne porasty s rozlohou 38,52 ha (2,89 % katastra).

V roku 2007 sa nám podarilo identifikovať až 24 vodných plôch (!) s rozlohou 24,66 ha (1,85% rozlohy katastra), ktoré obkolesovali intravilán vyst'ahovanej časti obce. Okolie týchto vodných plôch, ktoré vznikli poklesom terénu po vyťažení uhoľných slojov, boli zamokrené územia s rozlohou 17,64 ha (1,32 % katastra). V JV časti katastra sa nachádza nové centrum obce, ktoré sa skladá z rodinných ale aj bytových foriem zástavby, budovy obecného úradu, kostola, školy a ďalších objektov občianskej vybavenosti.

Porovnanie využívania krajiny v rokoch 1991 až 2007

Z hľadiska časovej nadväznosti sú v hodnotenom období primárnym trendom zmien obce Koš, ktoré presahujú jej intravilán tieto procesy:

- proces extenzifikácie poľnohospodárstva až opúšťanie poľnohospodárskych plôch:
 - zmena spôsobu využívania časti poľnohospodárskej pôdy z dôvodu zmeny vlastníctva (reštitúcie);
 - nárast rozlohy nevyužívaných trávnych porastov;
 - nárast rozlohy brehových porastov;
 - vznik 24 nových vodných plôch prevažne na ornej pôde;
 - rozšírenie zamokrených (podmáčaných) oblastí nevhodných pre poľnohospodárstvo;
- proces de-urbanizácie:
 - vyst'ahovanie časti obyvateľov (pokles o 2/3 obyvateľov);
 - demolácia domov v severnej časti intravilánu;
- proces urbanizácie:
 - výstavba novej bytovej infraštruktúry;
 - rozšírenie a skvalitnenie cestnej infraštruktúry.

Stanovenie a hodnotenie diverzity krajiny (a biodiverzity) predstavuje významný proces pri výskumu priestorových a tvarových zmien krajiny a jej jednotlivých prvkov či zložiek. Vytvára sa tak štruktúrovaný, hierarchický systém územia a svojimi polohovo-morfometrickými atribútmi priamo alebo nepriamo determinujúci intenzitu vplyvu socio-ekonomických aktivít človeka na krajinu a biodiverzitu (Fjellstad a iní 2001; Petrovič 2005). V našom riešenom území bola hodnota Shannonovho indexu diverzity (SDI) v roku 1991 = 2,38 a v roku 2007 = 2,68 pri hodnote ekvitability (SEI) v roku 1991 = 0,70 a v roku 2007 = 0,71. Hodnota SDI indexu narastala s rastúcim počtom typov plôšok pri mierne rastúcej vyrovnanosťou pomerného rozloženia plôch medzi skupinami plôšok.

Zmeny druhotnej krajinnej štruktúry a biodiverzita

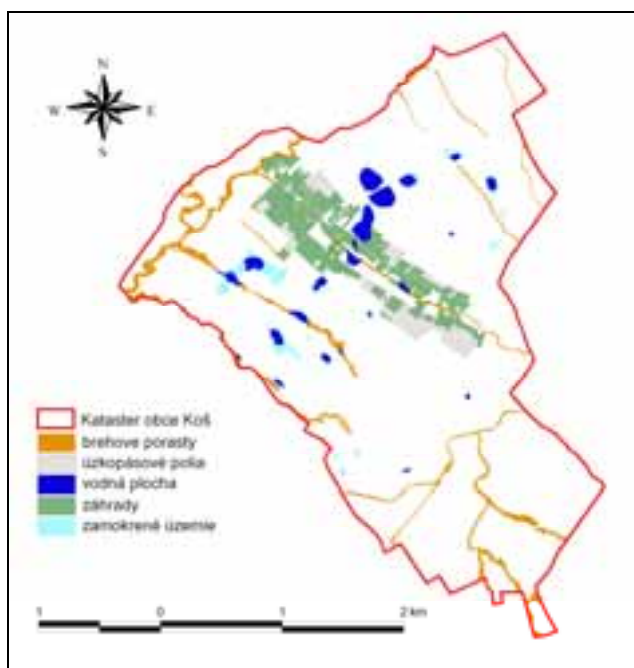
Pre hodnotenie významu zmien súčasnej krajinnej štruktúry (SKŠ) je významný zánik, vznik alebo zmena v počte a rozlohe krajinných prvkov, ktoré majú funkčný vzťah k biodiverzite v zmysle koncepcie ekologickej niky a funkčných štruktúr v krajine (obr. 1). V skúmanom území, vo vzťahu k biodiverzite, sú najvýznamnejšie zmeny (tab. 2):

- vznik vodných plôch (tzv. Košské mokrade) a zamokrených plôch;
- vznik opustených záhrad, len príležitostne využívaných, napr. čiastočný zber úrody;
- vznik súkromných úzko pásových políček;
- zvýšenie rozlohy brehových porastov.

Uvedené krajinné prvky (ich materiálny obsah) sú novými biotopmi pre vegetáciu a pre skúmané skupiny živočíchov miestom úkrytu, rozmnožovania, poskytujú potravné zdroje, umožňujú migráciu a pod..

Tab. 2. Počet a rozloha vybraných KP katastra obce Koš, majúci vzťah k biodiverzite

krajinný prvok	rok 1991			rok 2007		
	počet prvkov	rozloha (ha)	rozloha (%)	počet prvkov	rozloha (ha)	rozloha (%)
vodná plocha	-	-	-	24	24,66	1,85
zamokrené územie	-	-	-	28	17,64	1,32
opustené záhrady	-	-	-	56	74,71	5,61
úzko pásové polia	-	-	-	10	28,77	2,16
brehové porasty	30	28,43	2,13	38	54,41	4,08



Obr. 1. Vybrané prvky SKŠ v katastri obce Koš významné pre biodiverzitu (orig. F. Petrovič)

Na základe terénnym výskumom získaných, resp. publikovaných údajov môžeme konštatovať, že najvýznamnejšou zmenou v území je vzniku depresných území s vodnými plochami (tzv. Košské mokrade). Tento záver je ovplyvnený viacerými faktormi, napr. cieľným výskumom mokradiach, ich vysokým počtom a rozlohou, dlhodobým sukcesným vývojom sú vhodnými biotopmi najmä pre vtáctvo, v Hornonitrianskej kotline, ktorá je významnou migračnou trasou vtáctva je málo vodných plôch. Ich vznik je veľmi dynamický, s tendenciou zväčšovania celkovej vodnej plochy (tab. 3).

Spoločnou ekologicko-environmentálnou charakteristikou (pozitívne aj negatívne ekologické faktory) Košských mokradí sú: kolísanie až vyschýnanie vodnej hladiny a vznik bahnitého litorálu, vysoký stupeň trofie vody, plošne rozdielne zastúpenie litorálnej vegetácie tvorenej porastmi *Typha latifolia* a *Phragmites australis*. Len najstaršie depresie majú vyvinuté brehovú porasty vrb a topoľov (*Salix fragilis*, *S. alba*, *Populus xcanadensis*, *P. tremula*). Z environmentálnych (antropických) faktorov považujeme za významné: vypaľovanie litorálnej vegetácie mokradí, vyrušovanie hniezdiaceho vtáctva rybármi a poľovníkmi pri výkone poľovného práva, znečisťovanie brehov vodných plôch odpadmi, živelný výber druhov obsádky.

Tab. 3. Vývoj rozlohy plôch depresných kotlín v rokoch 1997-2004 (Zdroj: Hornonitrianske bane a.s.)

Rok	Plocha depresí (ha)	Rok	Plocha depresí (ha)	Rok	Plocha depresí (ha)	Rok	Plocha depresí (ha)
1997	1,8175	2001	2,8908	1999	3,0253	2003	3,9283
1998	1,9863	2002	3,6252	2000	3,7956	2004	4,3624



Obr. 2. Mokrad' M4, stav 20.8.2008 (Foto S. David)



Obr. 3. Rekultivácia mokrade M4, stav 30.9.2008 (Foto S. David)

Novým faktorom v území sú dopady aktivít spojených s prípravou ťažby uhľového sloja o mocnosti 12 až 18 m a kapacite 7,5 mil. t uhlia v XI. ťažobnom poli Bane Nováky SZ od obce Koš. V rámci uvoľnenia povrchu sa v súčasnosti realizuje preložka koryta riečky Handlovky a rieky Nitry, vedenia vysokého napätia a železničnej trate v dĺžke asi 2,5 km, odhadované finančné náklady sú asi 750 miliónov Sk (24,895 milióna eur) (podľa www.4industry.sk). Vyťažená zemina sa používa na navážku a rekultivácie depresíí (obr. 2, 3).

Výsledky výskumu vegetácie mokradí a vybraných skupín živočíchov: ornitologický (dlhodobý), ichtyologický, batrachologický a hydrobiologický so zameraním na vážky (Odonata) potvrdil nadregionálny význam Košských mokradí.

Vegetácia

Poznatky o súčasnej vegetácii Košských mokradí neboli doposiaľ publikované. Najúplnejšia je nepublikovaná diplomová práca Školckovej (2003), ktorá uvádza 212 druhov cievnatých rastlín z 5-tich lokalít. Naším výskumom sme doposiaľ potvrdili výskyt 225 druhov vyšších rastlín. Skúmané depresie vznikali zväčšia na ornej pôde, ich vegetačný kryt je výsledkom prebiehajúcej ekologickej sukcesie. Len na najstarších depresiách je vyvinutá stromová vegetácia, ktorá je dominantne tvorená porastmi vrb *Salix fragilis*, *S. alba*, *S. caprea* a *S. cinerea*. Topole sú zastúpené náletom *Populus tremula* a šľachtených topoľov *P. xcanadensis*. Z krovín to je *Prunus spinosa*, *Rosa canina* agg., *Swida sanguinea*, *Crataegus monogyna*, *Sambucus nigra*, *Prunus insititia* a uvedené druhy vrb. Mladšie depresie majú vyvinutú len litorálnu bylennú vegetáciu. Z vodných makrofýť sú dôležité (úkryt, slnenie, vymedzenie teritória) *Phragmites australis*, *Typha latifolia*, *T. angustifolia*, *Spraganium erectum* ssp. *erectum*, *Rumex maritimus*, *Bolboschoenus* cf. *planiculmis*, *Persicaria lapathifolia*, *Schoenoplectus lacustris*, *Scutellaria galericulata*, *Ranaunculus sceleratus*, *Rorippa islandica*, *Solanum dulcamara*, *Calystegia sepium*, *Bidens cernua*, *Sonchus paluster* a sítiny *Juncus effusus* a *J. inflexus*. Z natantnej a submerznej vegetácie sme zistili výskyt napr. *Lemna minor*, *Potamogeton natans* a *P. crispus*. Vegetácia je ruderalizovaná, s výskytom invázných alebo expanzívnych druhov *Artemisia vulgaris*, *Bidens frondosa*, *B. tripartita*, *Dipsacus fullonum*, *Echinochloa crus-galli*, *Eupatorium cannabinum*, *Rumex crispus*, *Solidago canadensis*, *Fallopia japonica* atď. Brehové porasty vodných tokov majú súvislé porasty invázných druhov *Helianthus tuberosus*, *Fallopia japonica*, *F. xbohemica* a *Impatiens glandulifera*. Vegetácia mokradí a ich litorálu patrí do zväzu *Bidentium tripartiti* Nordhagen 194 em. R.Tx in Poli et J. Tx 196. Fyziognomicky a ekologicky vyhraným spoločenstvom je *Rumicetum maritimi* Sissingh ex R.Tx. 1950, vytvára porasty na obnaženom bahnitom dne, plošne rozsiahle sú monocenózy *Typhetum latifoliae* Lang 1973 a *Phragmitetum communis* (Gams 1927) Schmale 1939. Charakteristický druh asociácie *Bidentetum cernui* Kobendza 1948 *Bidens cernua* je v dobe kvetu nápadným druhom.

Vážky (Odonata)

Výsledky štúdia vážok publikoval David (2008), známe druhové bohatstvo tvorí 20 druhov. Dominantnými vážkami sú bežné šidieľka stojatých vôd *Ischnura elegans*, *Lestes dryas*, *Lestes barbarus* a vážky *Sympetrum sanguineum* *Orthetrum cancellatum* a *O. albistylum*. Sú to druhy preferujúce habitaty stojatých vôd s vysokým zastúpením vodnej vegetácie. Z ďalších druhov šidieľok, šidieľ a vážok sa na mokradiach vyskytujú napr. *Sympecma fusca*, *Ischnura pumilio*, *Enallagma cyathigerum*, *Coenagrion puella*, *Aeshna affinis*, *Libellula depressa* a druhy rodu *Sympetrum* (*S. sanguineum*, *S. striolatum* a *S. vulgatum*). Veľké vodné plochy vyhovujú šidlu kráľovskému (*Anax imperator*) a šidieľkam *Erythromma viridulum*. Najvzácnejšie nálezy sú druhy *Anax parthenope* a len zo 4 lokalít na Slovensku známa vážka *Sympetrum fonscolombii*. Potvrdil sa výskyt aj chránených druhov vážok podľa vyhl. MŽP SR č. 492/2006 Z. z., ktorou sa vykonáva vyhl. MŽP SR č. 24/2003 Z. z. druhy *Sympecma fusca*, *Anax imperator* a *A. parthenope*.

Vtáky (Aves)

Vtáky Košských mokradí sú predmetom výskumu už 20 rokov. Zoznam vtákov mokradí spracovali Šolomeková a iní (2007). Na mokradiach bolo v rokoch 1987-2007 zistených 185

taxónov vtákov, z toho 43 druhov sú hniezdiče. Najpočetnejšie sú v druhovej štruktúre ornitocenóz (viac ako 10 %) zastúpené kačice a lisky (*Anas platyrhynchos* a *Fulica atra*). Dominantnými druhmi sú *Emberiza schoeniclus*, *Vanellus vanellus*, *Acrocephalus schoeniclus*, *A. palustris*, *A. arundinaceus*. V prvej etape vzniku mokradí (roky 1987-1997) prevažovali migranti nad hniezdičmi (pomer 24 : 98), v rokoch 1997-2007 sa zvýšilo zastúpenie hniezdičov (pomer 42 : 81). Významným údajom pre ornitofaunu Slovenska je zimné pozorovanie druhu *Phalacrocorax pygmeus* (30.11.2003), bolo to druhé pozorovanie druhu na Slovensku (Danko 2002). Úspešné hniezdenie druhu *Himantopus himantopus* na Košských mokradiach v roku 1988 (tretia lokalita na Slovensku) Harvančík (1989). Významný je výskyt hniezdičov uvedených v Prílohe I Smernice Rady č. 79/409/EHS o ochrane voľne žijúcich vtákov: *Ixobrychus minutus*, *Aythya nyroca*, *Circus aeruginosus*, *Porzana porzana*, *P. parva* a *Himantopus himantopus*. Počas migrácie sa na území Košských mokradí nepravidelne zastavujú aj kriticky ohrozené druhy z Červeného zoznamu vtákov Slovenska (Krištín a iní 2001) *Haliaeetus albicilla* a *Numenius arquata*.

Obojživelníky (Amphibia)

Výsledky výskumu obojživelníkov z rokov 2004-2006 spracoval Diko (2007) v nepublikovanej diplomovej práci. Zistil 8 druhov na 6 mokradiach (*Bombina variegata*, *Bufo bufo*, *B. viridis*, *Hyla arborea*, *Rana arvallis*, *R. dalmatina*, *R. ridibunda*, *R. lessonae*). Zisťované boli aj morfometrické údaje. V rámci ďalších výskumov v rokoch 2007-2008 zistili Diko a iní (2008) výskyt: *Triturus vulgaris*, *Bombina variegata*, *Bufo bufo*, *Hyla arborea*, *Rana dalmatina*, *R. ridibunda*. Všetky druhy patria medzi chránené živočíchy (príloha č. 6 k Vyhláske č. 493/2006 Z. z.). Kunka *Bombina variegata* patrí podľa uvedenej legislatívy aj medzi európsky významné druhy. KAUTMAN a kol. (2001) hodnotí druhy *Rana ridibunda* a *Triturus vulgaris* ako ohrozené taxóny.

Ryby (Pisces)

Z výskumu uskutočneného v rokoch 2006 a 2007 (Majský 2008) bol zistený výskyt 7 druhov rýb patriacich do troch čeľadí: Percidae- ostriež zelenkastý (*Perca fluviatilis*), slnečnica pestrá (*Lepomis gibbosus*), kapor rybníčný (*Cyprinus carpio*), Centrarchidae- karas striebřistý (*Carassius gibelio*), červenica ostrobruchá (*Scardinius erythrophthalmus*), jalec hlavatý (*Leuciscus cephalus*) a Cyprinidae- hrúzovec malý (*Pseudorasbora parva*). Druhy slnečnica, karas a hrúzovec nie sú na Slovensku pôvodné. V dôsledku živelného zarybňovania a špecifických podmienok (vysoká teplota a nízky obsah kyslíka vo vode) sa v Košských mokradiach vytvorili chudobné rybie spoločenstvá. Doporučeným opatrením je posilnenie populácií veľkých predátorov ako štika severná a sumec veľký. Taktiež bude potrebné vysadiť nedravé, autochtónne druhy rýb: lieňa sliznatého, pleskáče či lopatku dúhovú. Zarybňovanie by malo byť konzultované s orgánmi ochrany prírody.

ZÁVER

Ťažba hnedého uhlia Nováckeého uhľového ložiska „na zával“ v katastri obce Koš vyvoláva povrchové deformácie. Tie boli a sú príčinou narušenia statiky budov, komunikácii, hydrologického režimu územia a s tým spojené vyst'ahovanie časti obce. S týmito procesmi úzko súvisí aj vývoj druhotnej krajinnej štruktúry. Z porovnania druhotnej krajinnej štruktúry katastra obce Koš v rokoch 1991 a 2007 vyplýva nárast plošných krajinných prvkov, čím sa vytvárajú podmienky pre rast biodiverzity. Na vodné plochy Košských mokradí je viazaná vysoká biodiverzita, v prípade vtáctva nadregionálneho významu. Výsledky výskumu Košských mokradí potvrdili výskyt 225 druhov cievnatých rastlín, najmä zo zväzu *Bidention tripartiti*. Ornitologický výskumom bol zaznamenaný výskyt 185 druhov migrantov, ale aj vzácných hniezdičov *Ixobrychus minutus*, *Aythya nyroca*, *Circus aeruginosus*, *Porzana porzana*, *P. parva* a *Himantopus himantopus*. Zistených bolo 20 druhov vážok, medzi nimi vzácné a ohrozené *Anax parthenope* a *Sympetrum fonscolombii*, 8 druhov obojživelníkov (*Bombina variegata*, *Bufo bufo*, *B. viridis*, *Hyla arborea*, *Rana arvallis*, *R. dalmatina*, *R. ridibunda*, *R. lessonae*) a 7 druhov rýb (*Perca fluviatilis*, *Lepomis gibbosus*, *Cyprinus carpio*, *Carassius gibelio*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Leuciscus cephalus* a

Pseudorasbora parva. Skutočná hodnota mokradí ako krajinného prvku či ekosystému je však vyššia, mokrade sú centrom biodiverzity Hornej Nitry viazané na vodné ekosystémy. Rozsahom, ovplyvnením SKŠ a dopadom na ekosystém Košských mokradí sú významné práce v súvislosti s prípravou ťažby XI. ťažobného polia Bane Nováky. Niektoré mokrade budú rekultivované, zmení sa ich hydrologický režim. Predpokladaný vznik jazera môže vytvoriť vhodné podmienky pre zachovanie nadregionálneho významu Košských mokradí. Naplnenie uvedeného cieľu bude vyžadovať prijatie viacerých opatrení, ktoré by mali byť obsiahnuté v rámci manažmentu územia.

LITERATÚRA

- DANKO, Š. 2002. Šišila bocianovitá (*Himantopus himantopus*). In: Danko, Š., Darolová a Krištín, A. (eds.) 2002. Rozšírenie vtákov na Slovensku. Veda, Bratislava, s. 252 – 253
- DAVID, S. 2008. Vážky (Odonata) poklesových území v katastru obce Koš (okr. Prievidza). Ekologické štúdie VII, SEKOS, Nitra, s. 46-52.
- DIKO, D. 2007. Obojživelníky mokradí v okolí obce Koš (okres Prievidza). Diplomová práca, Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, Fakulta prírodných vied, Katedra ekológie a environmentalistiky, 78 s.
- DIKO, D., RYBANIČOVÁ, J., GERHÁTOVÁ, K. 2008. Obojživelníky (Amphibia) Košských mokradí. Ekologické štúdie VI, SEKOS, Nitra, s. 53-57
- FJELLSTAD, W. J., DRAMSTAD, W. E., STRAND, G.-H., FRY, G. L. 2001. Heterogeneity as a measure of spatial pattern for monitoring agricultural landscapes. Norsk geogr. Tidsskr., Vol. 55, Oslo, p. 71-76.
- HALMO, J., BOGDAN P., SLOBODNÍK, V., BOROŠKA, F. 2005. Košsko-novácke mokrade – história a súčasný stav. Hornonitianske Bane Prievidza, a. s., Baňa Nováky, o. z. Nováky, Nováky, 20 s. rukopis.
- HARVANČÍK, S. 1989. Nevšedná návšteva (*Himantopus himantopus*). Slovensko, 13 (8), s. 36–37
- KADLEČÍK, J., SLOBODNÍK, V. A INÍ 1999. Mokrade Slovenskej republiky. SZOPK Prievidza, Prievidza, 148 s. ISBN 80-85453-37-1
- KAUTMAN, J., BARTÍK, I., URBAN, P., 2001. Červený (ekosozologický) zoznam obojživelníkov (Amphibia) Slovenska, In: Baláž, D., Marhold, K., Urban, P. (eds.) Červený zoznam rastlín a živočíchov Slovenska, Ochrana prírody, 20, s. 146-147
- KRIŠTÍN, A., KOCIAN, L., RÁC, P. 2001. Červený zoznam (december 2001). In: Baláž, D., Marhold, K., Urban, P. (eds.) Červený zoznam rastlín a živočíchov Slovenska. Ochrana Prírody, 20, (Suppl.), s. 48–81
- MAJSKÝ, J. 2008. Správa o ichtyofaune zaplavených depresií pri obci Koš. Záv. správa, 8 s.- msc. (dep. in UKE SAV v Bratislave)
- NOVÁKOVÁ, J., SKALOŠ, J., KAŠPAROVÁ, I. 2005. Krajinná ekológia – skripta ke cvičením. Kostelec nad Černými lesy (skripta_cvika_05.pdf, dostupné na [wwwold.fle.czu.cz](http://www.old.fle.czu.cz))
- PETROVIČ, F. (2005) Vývoj krajiny v oblasti štálového osídlenia Pohronského Inovca a Tribeča. ÚKE SAV, Bratislava, 209 s. ISBN 80-969272-3-X
- RUŽIČKA, M. 2000. Krajinnokoekologické plánovanie – Landep I. (Systémový prístup v krajinej ekológii). Biosféra, Nitra, 120 s.
- ŠOLOMEKOVÁ, T., SLOBODNÍK, V., SLOBODNÍK, R. 2007. Zoznam vtákov Košských mokradí. In: ŠKOLKOVÁ, Z. 2003. Mokradná vegetácia prepadlísk po ťažbe uhlia v katastri obce Koš (okres Prievidza). KEaE FPV UKF v Nitre, 67 s. + príl. (depon. in: KEaE FPV UKF v Nitre)

PodĎakovanie

Štúdia vznikla ako čiastkový výsledok riešenia vedeckého grantového projektu VEGA č. 2/7131/27 „Dôsledky ťažby Nováckeho uhoľného ložiska na krajinnú štruktúru, sociálno-ekonomický rozvoj obce Koš a biodiverzitu "Košských mokradí".

ENVIRONMENTÁLNY DOPAD A PEDOGEOMORFOLOGICKÝ EFEKT BAHENNÝCH POVODNÍ

Miloš Stankoviansky

*Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra fyzickej geografie
a geoekológie, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava 4, e-mail: stankoviansky@fns.uniba.sk*

Abstrakt: Environmentálny dopad a pedogeomorfologický efekt bahenných povodní. Príspevok sa zaoberá problematikou bahenných povodní, ktoré v podmienkach Slovenska predstavujú významný environmentálny problém a prírodnú hrozbu. Bahenné povodne sú prúdy vody tečúce z polí, ktoré unášajú veľké množstvo pôdy či už v suspenzii alebo vlečením a ktoré majú za následok záplavy s vysokou koncentráciou erodovaného materiálu, generujúce bahenné sedimenty. Hlavným cieľom článku je zhrnúť doterajšie výsledky hodnotenia tohto fenoménu, získané dokumentáciou a rekonštrukciou konkrétnych udalostí bahenných povodní v oblasti Myjavskej pahorkatiny, ako aj na vybraných lokalitách v iných častiach Slovenska. Autor hodnotí tak pedogeomorfologický efekt ako aj environmentálny dopad týchto udalostí. Zároveň však poukazuje na výrazné zaostávanie výskumu tohto fenoménu u nás v porovnaní s krajinami severozápadnej Európy, ako aj na jeho absenciu v legislatívnych normách týkajúcich sa prírodných hrozieb či zohľadňovania poisťných udalostí.

Kľúčové slová: bahenné povodne, vodná erózia, environmentálny dopad, pedogeomorfologický efekt, Slovensko.

Abstract: Environmental impact and pedogeomorphic effect of muddy floods. The article deals with a problem of muddy floods that represent a significant environmental issue and natural hazard in the conditions of Slovakia. Muddy floods signify water flowing from agricultural fields carrying large quantities of soil as suspended sediment or bedload. They result in flooding with a high concentration of eroded material generating muddy deposits. The main objective is to summarize recent and current results of the assessment of this phenomenon, acquired by the documentation and reconstruction of particular muddy flood events in the area of the Myjava Hill Land, as well as in the selected sites in other parts of Slovakia. The author assesses both pedogeomorphic effect and environmental impact of muddy floods. However, at the same time he refers to a much lower attention dedicated to the investigation of this phenomenon in Slovakia in comparison with countries of the northwestern Europe, as well as to its absence in legislative norms concerning natural hazards and considering insurance events.

Key words: muddy floods, water erosion, environmental impact, pedogeomorphic effect, Slovakia.

ÚVOD

Bahenné povodne predstavujú ronom podmienené prúdy vody tečúce z polí, ktoré unášajú veľké množstvo pôdy či už v suspenzii alebo vlečením (Boardman et al. 2006). Ich následkom sú záplavy s vysokou koncentráciou erodovaného materiálu, generujúce bahenné sedimenty. Tento jav teda nesúvisí s tokmi, ale výlučne s obrábanými poliami; čím intenzívnejšia je vodná erózia na poľnohospodársky obhospodorených svahoch, tým extrémnejšie prejavy nadobúdajú bahenné povodne (Boardman 2000). Bahenné povodne sú podmienené najmä eróznou činnosťou koncentrovaného ronu a s ňou spojenou tvorbou efemérnych výmoľov, vyskytujúcich sa v dnách suchých dolín (Boardman et al. 1994) či úvalín (Stankoviansky 2002).

V svetle uvedených charakteristík bahenné povodne teda nemožno v žiadnom prípade spájať s bahnotokmi, ktoré sú zaraďované medzi procesy gravitačné (mass movements) (cf. napr. Činčura et al. 1983, s. 78-79, Whittow 1984, s. 352-353) a predstavujú prechodný prvok gradačnej série

procesov vyznačujúcich sa rôznym objemovým zastúpením vody a pevnej zložky (cf. Crandell 1968). Podľa klesajúceho množstva vody možno teda diskutované procesy zoradiť takto: „čisté“ záplavy zo svahov (bez bahna), bahenné povodne (muddy floods), bahnotoky (mudflows), zemné prúdy (earth flows) a „suché“ zosuvy („dry“ landslides).

Termín „bahenné povodne“ do literatúry zaviedla francúzka V. Auzetová, a to v jeho francúzskej podobe „inondations boueuses“ (cf. Auzet 1987). V neskorších anglicky písaných prácach autorky, resp. v jej francúzskych prácach s anglickým abstraktom, sa objavil anglický preklad tohto termínu „muddy floods“ (Auzet et al. 1990, 1992). Tento termín si postupne osvojili aj iní autori (cf. napr. Boardman et al. 1994, Boardman 2000, 2001a, b, Verstraeten a Poesen 1999), používajúci dovedy iné pomenovania toho istého javu.

Najviac pozornosti bolo tejto problematike venované doteraz v severozápadnej Európe, a to v Anglicku, Francúzsku, Belgicku a Holandsku. Práve v Holandsku, konkrétne v južnom Limburgu, bol uskutočnený prvý pokus o inventarizáciu prejavov tohto fenoménu (Schouten et al. 1985), najúplnejšia inventarizácia však bola vykonaná v oblasti South Downs v južnom Anglicku (Boardman 1995). Vo Francúzsku je z tohto hľadiska dlhodobejšie monitorovaný región Pays de Caux, situovaný v pobrežnej oblasti na severozápade krajiny (cf. Boardman et al. 1994), v Belgicku jeho centrálna časť v širšom okolí Leuvenu (Verstraeten a Poesen 1999).

Bahenné povodne predstavujú významný environmentálny problém a prírodnú hrozbu aj na Slovensku (Stankoviansky et al. 2008). Cieľom tohto článku je zhrnúť doterajšie výsledky hodnotenia tohto fenoménu, získané dokumentáciou a rekonštrukciou konkrétnych bahenných povodní v oblasti Myjavskej pahorkatiny, ako aj na vybraných lokalitách v iných častiach Slovenska.

PRÍRODNÉ POMERY A KRAJINNÁ POKRÝVKA SLOVENSKA VO VZŤAHU K TVORBE BAHENNÝCH POVODNÍ

Územie Slovenska zaberá prevažnú časť Západných Karpát, malú časť Východných Karpát a severnú časť Panónskej panvy. 40 % jeho územia sa nachádza vo výškach do 300 m n. m., 85 % do 800 m n. m. Vonkajšie Západné Karpaty a Východné Karpaty sú tvorené flyšovými komplexami hornín na ktorých je vyvinutý poväčšine monotónny, hladko modelovaný reliéf. Vnútorne Západné Karpaty pozostávajú z pohorí s geologicky pestrým zložením, ktoré sa prejavuje priestorovou heterogenitou reliéfu a z medzihorských kotlín. Flyšové podložie horských masívov je málo priepustné a umožňuje rýchly vznik povrchového odtoku. Málo priepustné podložie sa však vyskytuje aj v medzihorských kotlinách, kde prevládajú buď paleogénne flyšové horniny, alebo neogénne, prevažne ílovité sedimentárne komplexy. Najmä nižšie pohoria a kotliny sú rozčlenené hustou sieťou suchých dolín a úvalín. Panónsku panvu v kontaktnej zóne s Karpatmi reprezentujú nížinné pahorkatiny, ktoré najmä v oblasti Podunajskej nížiny zaberajú rozsiahle plochy a ich reliéf je rozčlenený množstvom úvalín a suchých dolín. Geologické podložie pahorkatín je tvorené neogénnymi, spravidla nepriepustnými sedimentmi a pokryté vrstvou spraší, sprašových hĺn a zvetralinových plášťov.

Povrch Slovenska je zo 41 % pokrytý lesmi, orná pôda však tvorí 30 % jeho územia. Nachádza sa prevažne na pahorkatinách Panónskej panvy, vo vnútrohorských kotlinách Vnútorých Karpát a na svahoch nižších pohorí Vonkajších Karpát. V týchto oblastiach sa nachádzajú najvhodnejšie podmienky pre vznik bahenných povodní (Stankoviansky et al. 2008). Dôležitým faktorom tvorby bahenných povodní na Slovensku je existencia veľkoblokových polí vytvorených počas kolektívneho obdobia v druhej polovici 20. storočia.

VÝSLEDKY

Finálny efekt bahenných povodní v podobe nánosov bahna, uložených v depresných polohách poníže obrábaných polí v rôznych častiach Slovenska už od šesťdesiatych rokov 20. storočia registrovali, prípadne aj dokumentovali viacerí špecialisti, zaoberajúci sa štúdiom vodnej erózie

pôdy (napr. Košťálik 1965, Košťálik et al. 1967, Midriak 1965, Janáč 1966, Zachar 1970). Išlo zväčša o vyhodnocovanie následkov jednorazových, izolovaných udalostí extrémnych zrážok, pričom výber lokalít v rámci Slovenska bol ovplyvnený miestami, ktoré tieto zrážky práve postihli.

Systematickejšie, opakované pozorovania pôsobenia a efektu bahenných povodní sa začali uskutočňovať až v deväťdesiatych rokoch 20. storočia, a to na území Myjavskej pahorkatiny na západnom Slovensku. Štúdium bahenných povodní bolo súčasťou širšie koncipovaného výskumu ronových erózo-akumulačných procesov (vodnej erózie), pôsobiacich v skolektivizovanej krajine. Výskum bol zameraný viac na geomorfologický efekt bahenných povodní, než na ich environmentálny dopad. Jeho úlohou bolo o.i. poukázať na špecifické črty pôsobenia a geomorfologickej efektivity súčasných bahenných povodní v skúmanom území a rekonštruovať ich výskyt a efekt v priebehu päť dekád trvajúceho pokolektivizačného obdobia. Termín bahenná povodeň (muddy flood) bol na Slovensku prvýkrát použitý práve pri výskumoch v tomto území (cf. Stankoviansky 1997).

Myjavská pahorkatina má pre efektívne pôsobenie vodnoerózných procesov a sprievodných bahenných povodní mimoriadne vhodné podmienky, a to tak prírodné ako aj spoločenské (využitie krajiny). Potvrďuje to i mapa hrozby bahenných povodní na Slovensku (cf. Stankoviansky et al. 2008). Čo sa týka geologických pomerov, jej územie je budované prevažne stredne až málo odolnými komplexami senónskych, paleogénnych a neogénnych sedimentárnych hornín, pokrytých zväčša mocnou pokrývkou regolitu, lokálne aj polohami spraší a sprašových hĺn. Prevažujúcimi pôdnymi typmi sú kambizeme a luvizeme. Z hľadiska pôdných druhov jednoznačne dominujú pôdy hlinité, oveľa menej sú zastúpené pôdy ílovito-hlinité, piesočnato-hlinité, či ílovité. Pahorkatinný reliéf sa vyznačuje hustou sieťou úvalín a suchých dolín, ktoré môžu koncentrovať ron a iniciovať tak vznik bahenných povodní.

V súčasnosti orná pôda zaberá 55 % plochy Myjavskej pahorkatiny, ďalších viac ako 13 % zaberajú heterogénne poľnohospodárske areály (cf. Feranec a Oľahel' 2001). Z hľadiska možného výskytu bahenných povodní je dôležité, že napriek zásadným politicko-spoločenským zmenám v roku 1989 nedošlo k rovnako zásadnej transformácii pokolektivizačnej štruktúry využívania krajiny; charakteristickou črtou dnešnej oráčinovej krajiny je ešte stále dominancia veľkých blokov družstevných polí s monokultúrami.

Podľa Starkela (2000, 2002) iba zrážky s denným úhrnom 20 mm a viac a intenzitou dažďa vyššou ako $1 - 3 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ sú schopné generovať ron v poľnohospodársky využívanej krajine a tým iniciovať efektívne pôsobenie ronových procesov, vyúsťujúcich do bahenných povodní. Počet dní s denným úhrnom zrážok 20 mm a viac na meteorologickej stanici na Myjave sa v období rokov 1961 – 2000 pohyboval v rozpätí 1 – 8 krát ročne. Dni s takýmito zrážkovými úhrnmi, ktoré spĺňali aj podmienku príslušnej intenzity však bolo iba 0 – 4 ročne. Vo všeobecnosti najlepšie podmienky pre ich vznik boli v mesiacoch júni (a to na poliach s kukuricou, prípadne zemiakmi), predovšetkým však v máji (v tomto období boli postihované všetky polia na svahoch s jarnými plodinami), čo súviselo v prvom prípade s riedkou, v druhom dokonca s nulovou vegetačnou pokrývkou (cf. Stankoviansky 2003). V období rokov 1993 – 1996, kedy sa uskutočňoval detailný výskum geomorfologického efektu takýchto udalostí, boli v priebehu jarných mesiacov ročne zaznamenané a zdokumentované 1 až 3 jarné erózne udalosti doprevádzané bahennými povodňami (Stankoviansky 2002).

Pedogeomorfologický efekt bahenných povodní v tomto území, alebo inými slovami mocnosť vrstvy bahna, akumulovaného jednotlivými bahennými povodňami v študijnom období, sa pohybovala od niekoľkých cm do 50 cm. Rozdiely boli odrazom špecifik erózie i akumulácie. Objem erodovaného materiálu závisel od intenzity dažďa a dĺžky jeho trvania, od veľkosti prispievajúcej plochy a od podielu obnaženého pôdneho povrchu z tejto plochy, ako aj od podielu koncentrovanej erózie (vedúcej k tvorbe efemérnych výmoľov) z celkovej erózie. Mocnosť akumulácie popri samotnom objeme erodovaného materiálu závisela aj od charakteru akumuláčného prostredia; od jeho veľkosti, tvaru, od prítomnosti bariér a pod. V uvedenom rozpätí sa mocnosť nánosov pohybovala aj v prípade bahenných povodní pred rokom 1993, zistených na základe štúdia obecných kroník a rozhovorov s pamätníkmi, ako aj po roku 1996. Maximálna

mocnosť materiálu, uloženého počas dvoch konšekutívnych udalostí (15. mája a 4. júna 1993), a to 60 cm, bola zaznamenaná na dne doliny Brezovského potoka medzi osadou Rásnik a obcou Osuské. Nános pochádzal z plytkej, širokej, minimálne uklonenej svahovej depresie, obsiatej kukuricou, visuto situovanej nad hlavnou dolinou. Hrúbka nánosu bola v tomto prípade ovplyvnená bariérou, ktorú predstavoval železničný násyp (cf. Stankoviánsky 2003). V ústí susednej suchej doliny (priamo oproti osade Rásnik) nánosy bahna v priebehu tých istých udalostí extrémnych zrážok pochovali miestnu cestu i železnicu (Obr. 1 - 2).



Obr. 1 - 2. Efekt vodnej erózie v suchej doline pri osade Rásnik na Myjavskej pahorkatine a odstraňovanie nánosov bahna zo sprievodnej bahennej povodne poniže jej ústia do doliny Brezovského potoka

Maximálne mocnosti nánosov, uložených počas celého pokolektivizačného obdobia, boli zistené v priestorovo limitovaných zárezoch v dnách suchých dolín. Na dne suchej doliny v osade Luskovica v katastri Krajného bola identifikovaná 105 cm hrubá poloha pokolektivizačného nános, predstavujúca korelátne sedimenty deviatich bahenných povodní, ktoré sa tu vyskytli v období rokov 1961 – 1995; mocnosť jednotlivých vrstiev sa pohybovala od 3 do 19 cm. Ešte mocnejšia poloha mladého nánosu bola zistená na dne suchej doliny pri osade U Hučkov v katastrálnom území obce Kostolné, a to 233 cm (Stankoviánsky et al. 1999); zodpovedala

pravdepodobne jedenástim udalostiam (Lehotský 2001), ktoré sa tu vyskytli od roku 1945 (najmä však od roku 1958) do roku 1995.

Výsledným geomorfologickým efektom bahenných povodní je teda akumulácia erodovaného materiálu v miestach zmenšenia sklonu dna, napr. poniže ústia suchých dolín, úvalín, či iných svahových depresii, prípadne pri nezmenenom sklone v priestore terénnych prekážok (zvyčajne umelých), a to tak vypuklých ako aj vhlbených, či na pufrových zónach, tvorených trávnatou, krovitou, či lesnou vegetáciou. Nánosy bahna z intravilánov, ako aj z líniových objektov (cesty, železnice, kanály a i.) v extravilánoch sa pochopiteľne odstraňujú. Vo voľnej prírode opakovaná akumulácia vedie k postupnému vyplňovaniu dno dolín a k zvyšovaniu ich povrchu.

Poznatky z dokumentácie efektu bahenných povodní na území Myjavskej pahorkatiny naznačili, že tento fenomén predstavuje v tomto území významnú hrozbu. Frekvencia bahenných povodní je tu v súčasnosti značne vyššia ako pred kolektivizáciou; nesúvisí to však so zvýšením frekvencie extrémnych zrážkových udalostí, ale výlučne so signifikantným nárastom geomorfologickej efektivity procesov vodnej erózie, vyvolaným vytvorením veľkých blokov družstevných polí a ich nechránenosťou najmä voči jarným privalovým dažďom. Hrozba bahenných povodní v tomto území súvisí s charakterom rozptýleného kopaničiarskeho osídlenia. Väčšie sídla – mestá a dediny, sú situované najmä v dnách dolín, kde hlavné nebezpečie predstavujú povodne stálych tokov. Vyskytujú sa v nich však aj bahenné povodne z bočných suchých dolín, ako sa o tom mali možnosť viac krát presvedčiť napr. obyvatelia Starej Turej (bahenné povodne tu boli 5. júna 1981, 23. mája 1986, 8. júna 1990) (cf. Stankoviansky 2003). Drobné sídla – kopanice, najmä tie, ktoré sú situované v dnách suchých dolín alebo v ich ústiach, sú ohrozované výlučne bahennými povodňami. Škody, opakovane spôsobované bahennými povodňami a najmä nimi vyvolané kritické hlasy obyvateľov kopanic, podnietili aj prvé oficiálne stretnutia zástupcov obecných samospráv s predstaviteľmi poľnohospodárskych družstiev v roku 1995 (na ktoré boli prizvaní aj odborníci z Výskumného ústavu pôdozvedectva a ochrany pôdy a Geografického ústavu SAV) v tomto území. Cieľom stretnutí bolo prerokovanie súčasného stavu využívania poľnohospodárskej krajiny, poukázanie na nedostatky v práci poľnohospodárov, vedúce k aktivizácii bahenných povodní a zváženie možností ako zamedziť ich opakovaníu, resp. ako znižovať veľkosť škôd s nimi spojených.

V prvej dekáde nového milénia sa pozornosť venovaná bahenným povodňam rozšírila aj na lokality v iných častiach Slovenska, vybrané za účelom hodnotenia efektu udalostí, o ktorých boli zmienky v celoslovenských masovokomunikačných prostriedkoch. Vo väčšine z nich išlo o jednorazové udalosti, ako to bolo napr. v prípade obce Melčice-Lieskové (6. júna 2003) na západnom Slovensku, či obcí Smrečany (2. júna 2004) a Dovalovo (21. júla 2004) na strednom Slovensku.

Z týchto prípadov sa po všetkých stránkach vymyká lokalita obce Ivanka pri Nitre, zistená na základe cieleného hľadania lokalít s dávnejšími výskytmi bahenných povodní, v ktorých by bolo možné rekonštruovať tak geomorfologický efekt ako aj environmentálny dopad bahenných povodní a škody nimi spôsobené. V uvedenej obci sa vyskytli dve udalosti v priebehu dvoch rokov, a to 30. apríla 1995 a 1. mája 1996. Druhá z nich dosiahla mimoriadne parametre a možno ju považovať za najväčšiu doteraz zaznamenanú udalosť svojho druhu na Slovensku.

Ivanka pri Nitre je obec s 2 500 obyvateľmi, situovaná na pravej strane širokej nivy rieky Nitry pod východným okrajovým svahom Nitrianskej pahorkatiny. Dlhý, mierne uklonený svah je budovaný mocnou polohou spraše, uloženej na neogénnych štrkoch, pieskoch a íloch. Do svahu sú zahĺbené dve široké plytké suché doliny, ktoré sa spájajú tesne nad obcou, pričom spojená dolina ústí do nej kolmo na jej pozdĺžnu os. Svah v období zmienených udalostí predstavoval jeden obrovský družstevný lán, na ktorom bola v tých rokoch pravidelne vysievaná kukurica. Prietrž mračien z 1. mája 1996 mala za následok vznik bahennej povodne obrovského rozsahu, ktorá spôsobila v obci nesmierne škody. Celkovo bolo zaplavených 175 domov, z ktorých štyri boli zničené. Prúd vody zmietol desať áut do koryta riečky Stará Nitra, ktorá sa následne vyliala. Škody by boli bývali ešte väčšie, keby miestny futbalový štadión, vybudovaný v umelo vhlbenej terénnej depresii, nebol pôsobil ako suchý polder, ktorý zachytil značný objem vody (Obr. 3). Na štadióne

ostala po záplave aj najmocnejšia vrstva bahna v celej obci, a to okolo 1 m. K tomu, že efekt a environmentálny dopad bahenných povodní v obci, najmä tej z roku 1996, bol taký veľký, napomohli najmä terénne úpravy na poľnohospodárskej pôde a stavebné úpravy v intraviláne obce po 2. svetovej vojne. Kolektivizácia mala za následok vytvorenie veľkého družstevného lánu v povodí suchej doliny a rekonštrukcia cestnej siete v dedine spôsobila o. i. likvidáciu dvoch suchých korýt, ktoré odvádzali vodu skoncentrovanú v doline počas podobných udalostí v minulosti.



Obr. 3. Vyschnuté nánosy bahna uloženého počas bahennej povodne v Ivanke pri Nitre na miestnom futbalovom štadióne

ZÁVER

Doterajšie výskumy umožňujú vysloviť určité zovšeobecnené závery o bahenných povodniach na Slovensku:

- bahenné povodne sa vyskytujú počas extrémnych zrážok, prípadne náhleho topenia snehu v čase keď pôda nie je pokrytá vegetáciou, v podmienkach Slovenska najmä v jarných mesiacoch;
- súčasná poľnohospodárska krajina na Slovensku poskytuje veľmi dobré podmienky pre tvorbu bahenných povodní, nakoľko ju predstavujú zväčša veľké bloky polí s monokultúrami, pochádzajúce z čias kolektivizácie;
- rozhodujúcu úlohu pri tvorbe bahenných povodní hrá koncentrácia ronu v suchých dolinách a úvalinách;
- veľkoplošné zmeny využívania krajiny súvisiace s kolektivizáciou mali za následok zvýšenie výskytu bahenných povodní, ako aj nárast miery ich škodlivosti.

Výskum dnešných bahenných povodní predstavuje popri možnosti rozvoja poznania súčasných geomorfologických procesov aj dôležitú výzvu na prienik do praxe. V tomto smere by bolo preto nielen užitočné, ale aj nanajvýš žiadúce zobrať si príklad z krajín severozápadnej Európy. Výskum tohto fenoménu na Slovensku totiž zatiaľ za spomenutými krajinami významne zaostáva. Obmedzuje sa na často náhodne vybrané lokality, úplne absentuje monitoring. Problém je aj s prakticky nulovým uvedomovaním si ich hrozby, keďže problém bahenných povodní nie je

súčasťou žiadnych legislatívnych noriem, a tak isto nie je braný do úvahy pri zohľadňovaní poistných udalostí.

LITERATÚRA

- AUZET, A. V. 1987. L'érosion des sols par l'eau dans les régions de grande culture: aspects agronomiques. Strasbourg (CEREG-URA 95 CNRS).
- AUZET, A. V., BOIFFIN, J., PAPY, F., MAUCORPS, J., OUVRY, J. F. 1990. An approach to the assessment of erosion forms and erosion risk on agricultural land in the Northern Paris Basin, France. In: Boardman, J., Foster, I. D. L., Dearing, J. A. eds. *Soil Erosion on Agricultural Land*. Chichester: Wiley, 1990. p. 383-400.
- AUZET, A. V., GUERRINI, M. C., MUXART, T. 1992. L'agriculture et l'érosion des sols: importance en France de l'érosion liée aux pratiques agricoles. *Économie rurale*, 1992, No. 208-209, 105-109.
- BOARDMAN, J. 1995. Damage to property by runoff from agricultural land, South Downs, southern England, 1976-93. *Geographical Journal*, 161, 1995, 177-191.
- BOARDMAN, J. 2000. The problem of muddy floods. *Rural Property Bulletin*, 2000, 11/12, 26-27.
- BOARDMAN, J. 2001a: Flooding and the use of land. *Town and Country Planning*, 2001, 4, 113.
- BOARDMAN, J. 2001b: Storms, floods and soil erosion on the South Downs, East Sussex, autumn and winter 2000-01. *Geography*, 86, 2001, 4, p. 346-355.
- BOARDMAN, J., LIGNEAU, L., DE ROO, A., VANDAELE, K. 1994. Flooding of property by runoff from agricultural land in northwestern Europe. *Geomorphology*, 1994, 10, 183-196.
- BOARDMAN, J., VERSTRAETEN, G., BIELDERS, CH. 2006. Muddy floods. In: Boardman, J., Poesen, J. eds. *Soil Erosion in Europe*. Chichester: Wiley, 2006, p. 743-755.
- CRANDELL, D. R. 1968. Mudflow. In: Fairbridge, R. W. (ed.) *The Encyclopedia of Geomorphology*. New York: Reinhold Book Corporation, 1968, p. 763-764.
- ČINČURA, J. et al. 1983. *Encyklopédia Zeme*. Bratislava: Obzor, 1983.
- FERANEC, J., OŤAHEL, J. 2001. *Krajinná pokrývka Slovenska*. Bratislava: Veda, 2001.
- JANÁČ, A. 1966. Erózia pôdy v podmienkach Nízkych Beskyd. *Geografický časopis*, 18, 1966, 3, s. 280-282.
- KOŠŤÁLIK, J. 1965. Príspevok ku štúdiu erózie pôd v katastrálnom území Bojničky a Dvorníky. *Geografický časopis*, 17, 1965, 4, 301-318.
- KOŠŤÁLIK, J., MUCHA, V., SISÁK, P. 1967. Príspevok k štúdiu erózie na černozemných pôdach východnej časti Nitrianskej pahorkatiny. *Poľnohospodárstvo*, 13, 1967, 9, 635-647.
- LEHOTSKÝ, M. 2001. Growth of colluvial bodies and rise of bottoms of linear depressed landforms as example of soil anthropization. In: Sobocká, J. (ed.) *Soil Anthropization VI. Proceedings from International Workshop, Bratislava, June 20 – 22, 2001*. Bratislava: Soil Science and Conservation Research Institute, 2001, s. 43-50.
- MIDRIAK, R. 1965. Poškodenie pôdy eróziou pri prietrži mračien v oblasti Kendíc pri Prešove. *Poľnohospodárstvo*, 11, 1965, 9, s. 696-707.
- SCHOUTEN, C. J., RANG, M. C., HUIGEN, P. M. J. 1985. Erosie en wateroverlast in Zuid Limburg. *Landschap*, 2, 1985, 118-132.
- STANKOVIANSKY, M. 1997. Geomorphic effect of surface runoff in the Myjava Hills, Slovakia. *Zeitschrift für Geomorphologie, Suppl.-Band*, 110, 1997, 207-217.
- STANKOVIANSKY, M. 2002. Bahenné povodne – hrozba úvalín a suchých dolín. *Geomorphologia Slovaca*, 2, 2002, 2, s. 5-15.
- STANKOVIANSKY, M. 2003. Geomorfologická odozva environmentálnych zmien na území myjavskej pahorkatiny. Bratislava: Univerzita Komenského, 2003.
- STANKOVIANSKY, M., CEBECAUER, T., JAMBOR, P., LACIKA, J., LEHOTSKÝ, M., SOLÍN, Ľ., ŠÚRI, M. 1999. Field Excursion Guide-Book. International Conference "Soil Conservation in Large-Scale Land Use" (Bratislava, May 12-15, 1999). Bratislava: Soil Science and Conservation Research Institute, 1999.

- STANKOVIANSKY, M., MINÁR, J., BARKA, I., BONK, R., TRIZNA, M. 2008. Muddy floods in Slovakia. Land Degradation and Development (in press).
- STARKEL, L. 2000. Heavy rains and floods in Europe during last millennium. In: Obrębska-Starkel, B. (eds.) Reconstructions of climate and its modelling. Prace geograficzne, 107, 2000, 55-62.
- STARKEL, L. 2002. Change in the frequency of extreme events as the indicator of climatic change in the Holocene (in fluvial systems). Quaternary International, 91, 2002, 25-32.
- VERSTRAETEN, G., POESEN, J. 1999. The nature of small-scale flooding, muddy floods and retention pond sedimentation in central Belgium. Geomorphology, 29, 1999, 275-292.
- WHITTOW, J. 1984. The Penguin Dictionary of Physical Geography. London: (Clays Ltd, St Ives Plc), 1984.
- ZACHAR, D. 1970. Erózia pôdy. Bratislava: Vydavateľstvo SAV, 1970. 527 s.

PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol v rámci riešenia vedeckého projektu č. 1/3051/06 „Hodnotenie geomorfologického efektu a environmentálneho dopadu ronových a orbových procesov“, financovaného Vedeckou grantovou agentúrou Ministerstva školstva SR a Slovenskej akadémie vied (VEGA).

STANOVENIE ENVIRONMENTÁLNYCH INDEXOV PRE ÚZEMIE SR NA ZÁKLADE RÁMCOVÝCH PRIESKUMOV

Michal Sviček, Martina Nováková

*Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava
e-mail: svicek@vupu.sk*

Abstrakt: Stanovenie environmentálnych indexov pre územie SR na základe rámcových prieskumov krajiny.

Existencia množstva priestorových údajov o krajine, ich tematická, metodická a organizačná rozdielnosť a zároveň snaha o implementáciu environmentálnych aspektov do poľnohospodárskej výroby a manažmentu poľnohospodárskej krajiny, vyvoláva požiadavku na harmonizovanú integráciu priestorových údajov. Cieľom článku je identifikovať a na konkrétnych ukázkach prezentovať jednotný postup spracovania tematicky rôznorodých priestorových údajov a na ich základe identifikovať jednotný postup stanovenia definovaných environmentálnych indikátorov/indexov. Zámer bol realizovaný na príklade vybraných geografických databáz. Priestorová harmonizácia geografických údajov bola zabezpečená prostredníctvom definovanej referenčnej gridovej siete (s priestorovým rozlíšením 10x10 km, 5x5 km alebo 1x1 km) a prostredníctvom aplikácie nástrojov priestorovej analýzy v prostredí GIS. Tematická harmonizácia bola zabezpečená odvodením konkrétnych environmentálnych indexov v databázovom prostredí. Z výsledkov vyplýva, že referenčná gridová sieť je vhodným nástrojom harmonizácie geografickej informácie produkovanej z rôznych zdrojov a zároveň, že prezentovaný postup umožňuje odvodenie kvalitatívne nových informácií o krajine s vysokým potenciálom využitia v problematike integrácie environmentálnych aspektov v poľnohospodárskej praxi.

Kľúčové slová: harmonizácia geografických údajov, environmentálne indikátory a indexy, podpora rozhodovania

Abstract: Definition of environmental indexes for Slovakia on the basis of landscape research results.

The implementation of environmental aspects into the common agriculture practices are expected to be supported with a relevant scientific knowledge and landscape data. Retrospectively it is also important to evaluate the impact of particular environmental (agri-environmental) measures on landscape. Regarding this there is strong requirement on geographical (spatial) data to be harmonized and complementary integrated. The aim of presented paper was to identify and to present a unified method of geographical data processing and to identify unified method of environmental indicators/indexes definition and assessment. In case study several thematically different geographical databases were processed. Reference geographical grids with a spatial resolution of 10x10km, 5x5km or 1x1km and spatial analyses in GIS enabled data to be spatially harmonized. The data analyses and environmental indexes assessment in database software enabled data to be thematically harmonized. On the base of case study results we confirmed that reference grid represents appropriate tool for different geographic data harmonization. As well, presented method enables to specify new landscape data with high potential in rate and the degree assessment of environmental aspects integration in agriculture.

Keywords: harmonization of geographic data, environmental indicators and indexes, decision support

ÚVOD

Aktuálnou problematikou manažmentu poľnohospodárskej krajiny je integrácia environmentálnych prístupov v poľnohospodárskej výrobe. Základný princíp integrácie spočíva v aplikácii systémového prístupu pri riešení všetkých problémov spojených s organizáciou a riadením činností a starostlivosťou o krajinu pri uplatnení environmentálnych opatrení smerujúcich k jej ochrane. Sledovanie (monitoring) postupného zavádzania environmentálnych (agroenvironmentálnych) opatrení do poľnohospodárskej praxe je nevyhnutným ukazovateľom stupňa (miery) prepojenia národného sektoru poľnohospodárstva s princípmi Spoločnej poľnohospodárskej politiky (*Common Agricultural Policy, CAP*), prijatou a záväznou pre členské štáty Európskej Únie.

Základným východiskom integrácie environmentálnych prístupov v poľnohospodárskej výrobe (v zmysle prípravy strategických dokumentov a návrhov, či v zmysle sledovania a hodnotenia vplyvu a dopadu konkrétnych agroenvironmentálnych opatrení), sú priestorové (geografické, georeferencované) údaje a informácie o krajine. V procese ich účelového spracovania stojí na jednej strane požiadavka na zabezpečenie priestorových údajov o krajine tak, aby zodpovedali jej systémovému charakteru, a na strane druhej reálny fakt – existencia obrovského množstva údajov a informácií ako výstupov rôzne zameraných výskumov a prieskumov v krajine. Do popredia sa tak dostáva požiadavka na definovanie a stanovenie konkrétnych indikátorov/indexov, pomocou ktorých by bolo možné krajinu reprezentovať, navrhovať, analyzovať a hodnotiť zásahy a dopady v nej a zároveň požiadavka na harmonizáciu a integráciu priestorových údajov alebo informácií, ich harmonizovanú priestorovú reprezentáciu a komplementárne využitie.

Problematike harmonizovanej organizácie, reprezentácie a výmeny priestorových údajov sa v súčasnosti venuje veľká pozornosť (na európskej úrovni aktivity INSPIRE, <http://www.ec-gis.org/inspire>; na národnej úrovni napríklad Skalský a Filippi 2006, Skalský a iní 2006). Cieľom iniciatívy INSPIRE (*The Infrastructure or SPatial InfoRmation in Europe*) je zosúladzovanie existujúcich priestorových informácií, ich optimalizácia, postupné sprístupňovanie a riešenie ich interoperability. Princípy spracovania a tvorby harmonizovaných údajov a informácií sú záväzné pre všetky členské štáty Európskej Únie (Direktíva INSPIRE; <http://www.ec-gis.org/inspire>).

Problematika indikátorov/indexov a ich využitia v manažmente poľnohospodárskej výroby a poľnohospodárskej krajiny bola na európskej úrovni riešená v rámci projektu IRENA (*Indicator Reporting on the Integration of Environmental Concerns into Agriculture Policy*, Petersen a iní 2005). Hlavnou myšlienkou projektu bolo vytvoriť súbor indikátorov, ktoré by umožňovali monitorovať integráciu environmentálnych opatrení definovaných v rámci Spoločnej poľnohospodárskej politiky v praxi. Konkrétne indikátory boli definované v dokumente COM 20 final (COM(2000)20) a následne analyzované a hodnotené z hľadiska ich dostupnosti, ceny a potenciálneho využitia, pričom výsledky analýz boli zhrnuté v dokumente COM 144 final (COM(2001)144). Na národnej úrovni, v súčasnosti nie je problematika agroenvironmentálnych indikátorov/indexov a ich využitia pre monitoring stavu implementácie princípov CAP v poľnohospodárstve, ako ani problematika harmonizovaného spracovania, reprezentácie a výmeny priestorových údajov a informácií riešená komplexne. Čiastočne sa rieši v rámci činností Výskumného ústavu pôdozvedectva a ochrany pôdy (VÚPOP), a to v rámci APVV projektu č.0242-06 s názvom: *Identifikácia indikátorov a environmentálnych hrozieb pre tvorbu kompletných stratégií v oblasti životného prostredia*. Pozornosť je v projekte zameraná na prácu s priestorovými údajmi, ktoré sú výsledkom rámcových prieskumov krajiny a spracovania metódami diaľkového prieskumu zeme (Nováková a iní 2008).

Cieľom príspevku je prezentovať čiastkové výsledky tohto projektu APVV, konkrétne: a) prezentovať identifikovaný jednotný (harmonizovaný) postup prezentácie priestorových údajov z geografických databáz; b) prezentovať identifikovaný jednotný postup stanovenia vopred definovaných environmentálnych indikátorov/indexov a c) prezentovať ukážku aplikácie definovaného postupu na vybraných geografických databázach.

MATERIÁL A METÓDY

Princípy harmonizácie údajov

Priestorová harmonizácia v zmysle princípov INSPIRE okrem iného spočíva vo využívaní jednotného referenčného rámca a priestoru pre spracovanie priestorových údajov a informácií - harmonizovanej, hierarchicky usporiadanej, geografickej gridovej siete, definovanej prostredníctvom ETRS89 – Lambert - azimutálneho rovníkopolného zobrazenia (ETRS-LAEA) (SEC(2004)980). Definované bolo aj priestorové rozlíšenie používaných referenčných gridových sietí – 100x100 km, 10x10 km, 5x5km a 1x1 km, pričom využitie konkrétnej referenčnej gridovej siete je podmienené predovšetkým priestorovou detailnosťou reprezentovaných priestorových

údajov alebo informácií, ako aj požadovanou úrovňou detailu, resp. generalizácie pri ich reprezentácii a reportovaní.

Gridová sieť predstavuje sieť pravidelných, priestorových jednotiek, ktoré môžu plniť funkciu štatistických jednotiek a tým umožniť a) vopred definovaným postupom priradenia reprezentovať a interpretovať existujúce priestorové údaje a informácie a zároveň b) vopred definovaným postupom výpočtu stanoviť nové, tematicky odvodené priestorové informácie.

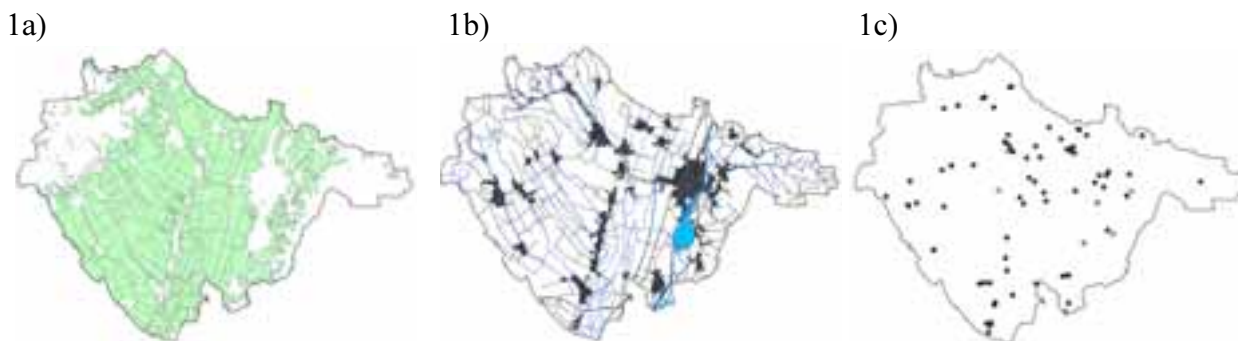
Tematická harmonizácia spočíva v zjednotení postupov reprezentácie daného stavu/javu v krajine prostredníctvom definovaných indikátorov /indexov stanovených na základe odlišných geografických databáz. Podľa definície OECD (1993) indikátory predstavujú parametre alebo hodnoty odvodené z parametrov, ktoré poskytujú informácie o stave a charaktere javu/krajinnej sféry s významne rozširujúcim, prípadne detailnejším obsahom, ktorý presahuje výpovednú hodnotu samotného parametra.

Základné tematické skupiny indikátorov (environmentálne aspekty poľnohospodárstva) sú stanovené napríklad modelom DPSIR (*Driving force – Pressure – State – Impact – Response*, (COM(2001)144), pričom model predstavuje teoretický rámec pre definíciu konkrétnych indikátorov a indexov.

Výber priestorových databáz

Pre riešenie načrtnutej problematiky boli na základe kritéria dostupnosti údajov (vytvorenie a správa geografických databáz v rámci činností VÚPOP), priestorového pokrytia, priestorového rozlíšenia (detailnosti) a tematickej relevantnosti priestorových údajov z množstva geografických databáz vybrané: a) *LPIS* – register poľnohospodárskych pôd spracovaný na základe kontraktu s MP SR; b) *LUCAS 2006* – prieskum využitia krajiny a krajinnej pokrývky realizovaný na základe kontraktu s EUROSTAT-om; c) *VetGIS* – Veterinárny GIS spracovaný na základe kontraktu s MP SR; d) *JLZ* – Jednotný lokalizačný základ spracovaný na základe kontraktu s MP SR.

Ukážky geografických databáz, ktoré poukazujú rôznorodosť tematického zamerania, rozdielnosť aplikovanej metódy zberu a spracovania údajov, organizácie a geografickej reprezentácie údajov, sú prezentované na príklade okresu Piešťany na obrázkoch 1a, 1b, a 1c.

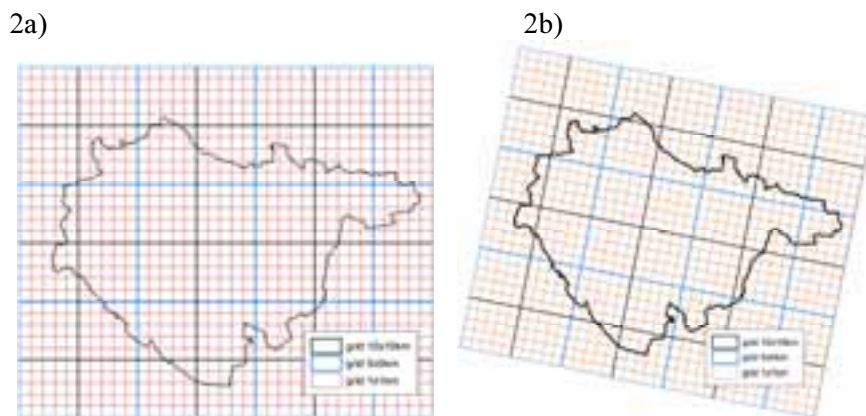


Obr.1. Ukážky použitých priestorových údajov rámcových prieskumov: LPIS (1a), JLZ (1b), lokalizácia fariem ŽV vo VetGIS (1c).

Príprava priestorového rámca harmonizácie a reprezentácie údajov

Ako referenčný priestor pre výpočet a následne aj reprezentáciu stanovených indexov boli definované referenčné gridové siete s priestorových rozlíšením 10x10 km, 5x5 km a 1x1 km v zobrazovacom systéme SJTSK (obr.2b). Skonštruované boli transformáciou gridových sietí s rovnakým priestorovým rozlíšením definovaných Lambert – Azimutálnym zobrazením (European Reference Grid, http://eusoiils.jrc.it/library/reference_grids/reference_grids.cfm, obr.2a), pričom pri transformácii ostal zachovaný vopred definovaný identifikátor, ktorý zabezpečuje komunikáciu medzi národnými údajmi s možnosťou ich prezentácie v gridovej sieti na medzinárodnej či celoeurópskej úrovni. Zároveň pri jej konštrukcii bola uplatnená požiadavka hierarchického usporiadania (priestorovej kompatibility) vzhľadom na gridové siete s menej detailným

priestorovým rozlíšením (50x50 km), ako aj požiadavka na bezproblémovú harmonizovanú prezentáciu v gridovej sieti INSPIRE.



Obr. 2. Hierarchicky definovaná gridová sieť s priestorovým rozlíšením 1x1 km, 5x5 km a 10x10 km: v Lambert-Azimutálnom zobrazení (2a), v národnom systéme S-JTSK (2b)

Definícia environmentálnych indikátorov a indexov

Pri každej geografickej databáze boli definované tieto kategórie indexov:

- indexy významnosti*, ktoré zodpovedajú percentuálnemu vyjadreniu plošného zastúpenia kategórie v priestorovom elemente (bunka gridovej siete s rozlohou 100km², 25km², prípadne 1km²);
- indexy charakterizácie*, ktoré vyjadrujú pomer medzi sledovanými kategóriami v definovanom priestorovom elemente (bunka gridovej siete);
- indexy fragmentácie*, ktoré charakterizujú početnosť výskytu všetkých kategórií v definovanom priestorovom elemente (bunka gridovej siete) a
- indexy diverzity*, ktoré definujú početnosť výskytu rôznych kategórií v rámci priestorového elementu.

Výpočet environmentálnych indexov

Stanovenie vybraných kvalitatívnych a kvantitatívnych vlastností objektov konkrétnych geografických databáz pre každý priestorový element gridovej siete bolo realizované metódami priestorovej analýzy v prostredí GIS (ArcMap 9.0). Výber konkrétnych nástrojov priestorovej analýzy bol podmienený spôsobom priestorovej reprezentácie jednotlivých údajových vstupov (vektor – raster). Samotný výpočet definovaných environmentálnych indexov (hodnôt) bol realizovaný využitím databázových nástrojov (MS Access).

VÝSLEDKY

Stanovené environmentálne indexy

Na základe konkrétnych geografických databáz boli stanovené nasledovné indexy:

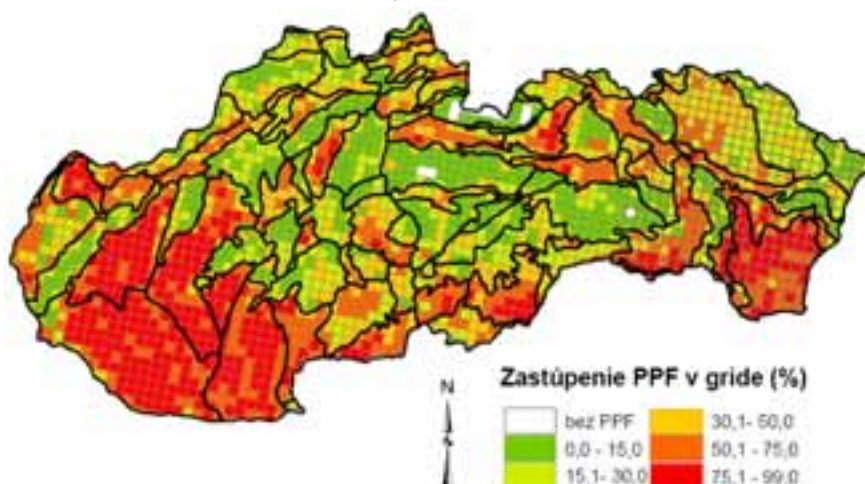
- pri geografickej databáze LPIS*: index diverzity využitia poľnohospodárskej krajiny; index významnosti poľnohospodárskeho pôdneho fondu (PPF); index významnosti ornej pôdy (OP), trvalo trávnatých porastov (TTP), trvalých kultúr (TK), vinogradov (VIN), ovocných sádov (OSAD) a chmelníc (CH); index poľnohospodárskej charakterizácie; index fragmentácie PPF;
- pri geografickej databáze LUCAS*: index diverzity krajinskej pokrývky; index diverzity využitia krajiny; index významnosti PPF; index významnosti OP, TTP, TK – VIN, OSAD a CH; index stabilizácie poľnohospodárskych druhov pozemkov (index podielu TTP/OP); index významnosti krovinej a bylinnej vegetácie; index významnosti lesov; index významnosti

urbanizovanej krajiny index významnosti sídiel; index diverzity urbanizovanej krajiny; referenčný index;

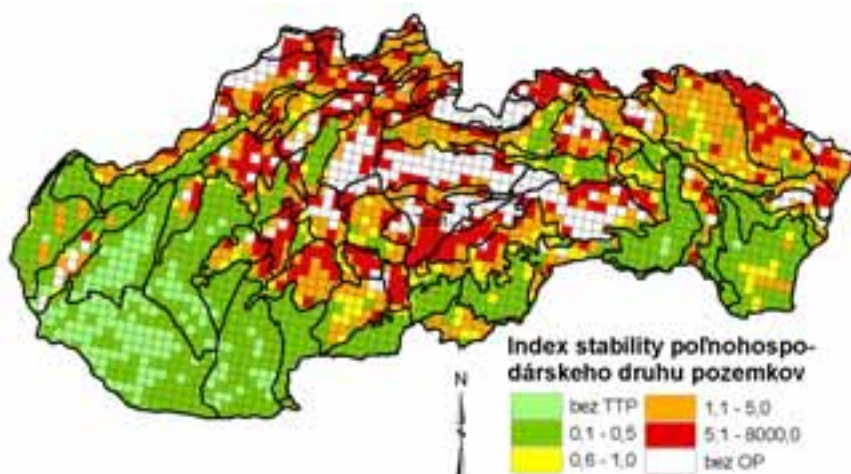
- pri geografickej databáze VETGIS: index zaťaženia poľnohospodárskej krajiny hospodárskymi zvieratami (spolu); index zaťaženia poľnohospodárskej krajiny hovädzím dobytkom (HD), ošípanými (OS), ovcami (OV), kozami (KY), veľkými dobytčiami jednotkami (VDJ); indikátor denzity hospodárskych zvierat; index diverzity hospodárskych zvierat; referenčný index;
- pri geografickej databáze JLZ: index lineárnych elementov (toky, železnice, cesty); index významnosti plošných elementov (sídla a vodné plochy).

Priestorová reprezentácia stanovených environmentálnych indexov

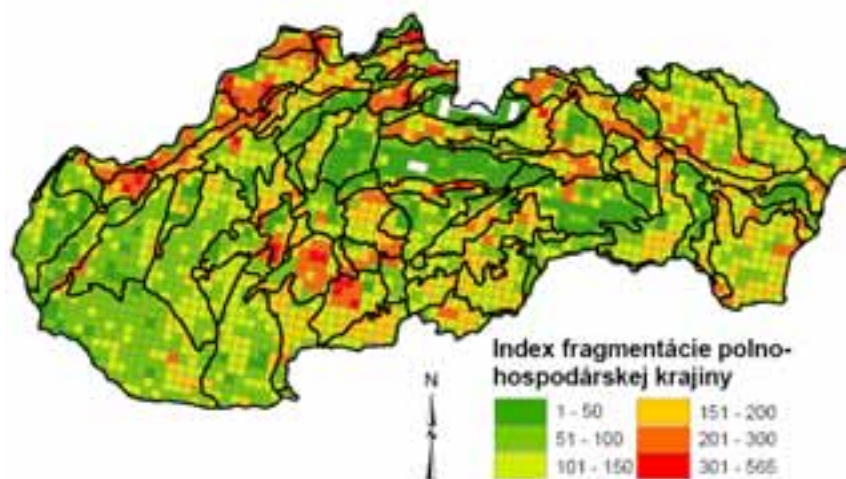
Vzhľadom na skutočnosť, že v príspevku ide predovšetkým o prezentáciu identifikovaného postupu jednotného spracovania a prezentácie priestorových údajov vo forme environmentálnych indexov, vizualizované výsledky (priestorová variabilita sledovaného indexu) nie sú v texte bližšie interpretované. Vybrané ukážky konkrétnych environmentálnych indexov sú reprezentované nasledovne: a) index významnosti PPF stanovený na základe geografickej databázy LPIS – obr. 3; b) index poľnohospodárskej charakterizácie stanovený na základe geografickej databázy LPIS – obr. 4; c) index fragmentácie poľnohospodárskej charakterizácie krajiny stanovený na základe geografickej databázy LPIS – obr. 5; a d) index diverzity krajiny stanovený na základe geografickej databázy LUCAS – obr.6.



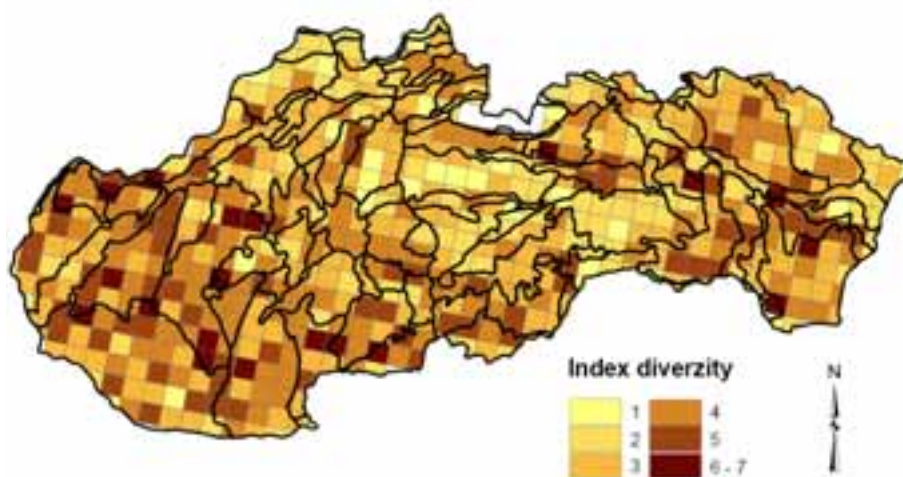
Obr. 3. Index významnosti poľnohospodárskeho pôdneho fondu v rámci gridovej siete s priestorovým rozlíšením 5x5 km stanovený na základe geografickej databázy LPIS



Obr.4. Index stabilizácie poľnohospodárskych druhov pozemkov (podiel TTP / OP) v rámci gridovej siete s priestorovým rozlíšením 5x5 km stanovený na základe geografickej databázy LPIS.



Obr.5. Index fragmentácie poľnohospodárskej charakterizácie krajiny - počet všetkých zasahujúcich blokov LPIS v rámci elementov gridovej siete s priestorovým rozlíšením 5x5 km.



Obr.6. Index diverzity krajiny - počet rôznych druhov krajinej pokrývky (LUCAS) v rámci elementov gridovej siete s priestorovým rozlíšením 10x10 km

Potenciálne využitie stanovených environmentálnych indexov a identifikovanej metodiky

V príspevku stanovené a prezentované environmentálne indexy tematicky zodpovedajú vyjadreniu súčasného stavu krajiny (štruktúry krajiny), resp. hodnoteniu súčasného stavu „priestorovej distribúcie“ vybraných javov v krajine – lokalizácie poľnohospodárskych subjektov a plôch, na ktorých hospodária; priestorovej distribúcie a výmery rôznych typov krajinej pokrývky; rôznych spôsobov využitia zeme; rôznych spôsobov zaťaženia krajiny; či priestorovej distribúcie rôznych krajinných prvkov. V zmysle modelu DPSIR stanovené environmentálne indexy zodpovedajú podrobným, priestorovo reprezentovaným vybraným agregovaným alebo individuálnym indikátorom z časti „Hnacia sila“ (využívanie pôdy, rastlinná a živočíšna výroba) a „Tlak“ (vyčerpanie prírodných zdrojov).

Podobným spôsobom, t.j. aplikovaním identifikovanej relatívne jednoduchšej metódy harmonizovaného spracovania priestorových údajov na ďalšie geografické údaje (napríklad CORINE, NATURA, Lesy, či geografické databázy štatistických zisťovaní v sektore poľnohospodárstva a pod., ktoré sú spravované jednotlivými inštitúciami predovšetkým v sektore Ministerstva pôdohospodárstva SR a Ministerstva životného prostredia SR) a harmonizovanej reprezentácie týchto priestorových údajov v podobe indikátorov a indexov, by bolo možné podporiť a zabezpečiť integrovaný prístup k implementácii environmentálnych prístupov v poľnohospodárskej výrobe, prostredníctvom „kolobehu“ modelu DPSIR priebežne a priestorovo detailne monitorovať poľnohospodársku krajinu a poľnohospodársku činnosť v krajine a následne

hodnotiť stupeň (mieru) prepojenia národného sektora poľnohospodárstva s princípmi Spoločnej poľnohospodárskej politiky.

ZÁVER

Príspevok prezentuje výsledok hľadania - identifikáciu jednotného postupu spracovania a reprezentácie tematicky sa vzájomne prelínajúcich, avšak metodicky rozdielnych priestorových údajov alebo informácií (geografických databáz). Navrhnutý spôsob jednotného spracovania priestorových údajov a informácií bol využitý pri stanovení a reprezentácii environmentálnych indexov, vopred definovaných v zmysle ich potenciálneho využitia pri hodnotení vzájomnej podmienenosti a väzby medzi krajinou a poľnohospodárskou výrobou, realizovanou v krajine.

Z geografického aspektu stanovené indexy zodpovedajú vyjadreniu štruktúry krajiny, prípadne charakteru javov v krajine (v danom časovom horizonte). Relatívna jednoduchosť a presne definovaný postup ich stanovenia umožňuje ich aplikáciu v definovaných časových horizontoch, čo otvára možnosť sledovania javov (procesov) a vyvolaných zmien štruktúry poľnohospodárskej krajiny v čase (napr. po implementácii konkrétneho environmentálneho opatrenia, či regulácie). Zároveň prezentovaný postup umožňuje zjednotiť a integrovať tematicky rôznorodé údajové zdroje, čo predstavuje nevyhnutný krok pri budovaní komplexnej informačnej infraštruktúry o poľnohospodárskej krajine.

Na záver možno konštatovať, že referenčná gridová sieť je vhodným harmonizačným nástrojom geografickej informácie produkovanej z rôznych zdrojov a vhodným nástrojom harmonizovaného hodnotenia časovej dynamiky (harmonizovaného priestorového vyjadrenia časových zmien) sledovanej vlastnosti krajiny.

LITERATÚRA

- COM(2000)20 final. 2000. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. Indicators for the Integration of Environmental Concerns into the common agricultural policy [online]. European Communities, January 2000 [cit. 2008-08-26]. Dostupné ma internete: <<http://europa.eu/scadplus/leg/en/lvb/l28101.htm>>
- COM(2001)144 final. 2001. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. Statistical Information needed for Indicators to monitor the Integration of Environmental Concerns into the common agricultural policy [online]. European Communities. March 2001 [cit. 2008-08-26]. Dostupné ma internete: <<http://europa.eu/scadplus/leg/en/lvb/l28101.htm>>
- CORINE LAND COVER (CLC1990) 100 m - version 8/2005. Európska agentúra životného prostredia. C1995 - 2008, [cit. 2008-08-25]. Dostupné na internete <<http://dataservice.eea.europa.eu/dataservice/metadetails.asp?id=820>>.
- EUROPEAN REFERENCE GRIDS [online]. European Commission - DG Joint Research Centre, c1995/2008, [cit. 2008-08-26]. Dostupné na internete: <http://eu-soils.jrc.it/library/reference_grids/reference_grids.cfm>
- INSPIRE DIRECTIVE [online]. European Communities, c1995-2007 [cit. 2007-08-14]. Dostupné na internete: <<http://www.ec-gis.org/inspire>>
- NOVÁKOVÁ, M., SVIČEK, M. HUTÁR, V. 2008. Stanovenie environmentálnych indexov na základe údajov rámcových prieskumov. In Navrátil, R. (ed.) Enviro-i-forum 2008, Odborné fórum o dostupnosti a tvorbe environmentálnych informácií. 10.-12. jun 2008, Zvolen, s. 70-75
- OECD (1993). OECD core set of indicators for environmental performance reviews: a synthesis report by the group on the state of the environment. Environment Monographs 83, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris. 41p.
- PETERSEN, J.E., CAMPLING, P., GABRIELSEN, P. 2005. Agriculture and Environment in EU15 – the IRENA indicator report [online]. European Environmental Agency. 2005. [cit. 2008-08-25].

Dostupné ma internete: <http://reports.eea.europa.eu/eea_report_2006_2/en/IRENA-assess-final-web-060306.pdf>

SEC(2004)980. 2004. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing on infrastructure for spatial information in Community (INSPIRE) [online]. Commission of the European Communities, July 2004 [cit. 2006-08-10]. Dostupné ma internete: <<http://inspire.jrc.it>>

SKALSKÝ, R., FILIPPI, N. 2006. Multiscale european soil information system I. – project background and basic principles. In Bujnovský, R., Tekeľová, Z. (Eds.) Vedecké práce č. 28, Bratislava: Výskumný ústav pôdoznanctva a ochrany pôdy, s. 81-88, ISBN 80-89128-26-2

SKALSKÝ, R., ŠURINA, B., BLEHO, S., MAKOVNÍKOVÁ, J., RYBÁR, O. 2006. Multiscale european soil information system II. – pilot project for Slovakia. In Bujnovský, R., Tekeľová, Z. (Eds.) Vedecké práce č. 28, Bratislava : Výskumný ústav pôdoznanctva a ochrany pôdy, s. 89-98, ISBN 80-89128-26-2

Podakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0242-06.

KRAJINNOEKOLOGICKÁ INTERPRETÁCIA A VYUŽITIE VÝSLEDKOV PRIESKUMOV KRAJINY PRE JEJ OPTIMÁLNE VYUŽÍVANIE

Ľubica Zaušková

*Katedra biológie a ekológie, Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela
Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, e-mail:l.zauskova@seznam.cz*

Abstrakt: Krajinnoeologická interpretácia a využitie výsledkov prieskumov krajiny pre jej optimálne využívanie.

Krajinnoeologický multidisciplinárny prístup sa ukazuje ako jediný vhodný pri riešení problémov optimalizácie využívania krajiny. Príspevok približuje krajinnoeologickú metodiku hodnotenia ekologickej únosnosti krajiny (EÚK). Výsledkom jej aplikácie je únosné (vhodné) využívanie krajiny v súlade s potenciálom krajiny a pri rešpektovaní krajinnoeologických limitov. Zároveň je potrebné zohľadniť výsledky špeciálnych prieskumov v rámci lesníctva a poľnohospodárstva ako krajinnoeologické podklady, čím sa zrýchli proces posúdenia a návrhu únosného – vhodného využívania krajiny a účinnejšie sa zabezpečia nápravné opatrenia. Príspevok upozorňuje na to, že metodika EÚK by sa mala rešpektovať v rámci plánovania využívania lesnej aj poľnohospodárskej krajiny v rámci celého gravitačného celku – povodia. V príspevku sa odporúča využiť metodiku EÚK pri riešení problému pustnutia krajiny Slovenska (prebiehajúce sukcesné procesy), osobitne na tzv. neLPIS-ových pôdach v rámci multifunkčnosti poľnohospodárstva.

KLúčové slová: ekologickej únosnosti krajiny, krajinnoeologický plán, lesníctvo, multifunkčné poľnohospodárstvo, Európsky dohovor o krajine

Abstract: Landscape-ecological interpretation and use of landscape recognition results for optimal land use.

Landscape-ecological multidisciplinary approach seems as the only suitable for land use optimization problems solving. This article focuses on landscape-ecological methodics of landscape-ecological carrying capacity evaluation. Result of its application is suitable land use in conformity to landscape potential, while landscape-ecological limits are respected. It is necessary to take into account results of special surveys of forestry and agriculture as landscape-ecological data, what will seed up the process of examination and proposal of suitable land use and acquisition reparments will be secured more effective. An article calls attention to a fact that landscape-ecological carrying capacity methodics should be respected by forest and non-forest land use on the basis of the whole gravitational unit – watershed. In this article is recommended to use landscape-ecological methodics by solving of wasting of Slovak landscape (succession processes progress), particularly on „non-LPIS“ soils within agriculture multifunctionality.

Key words: sustainable development, landscape plan, forests, multifunctional agriculture, the European Landscape Convention

ÚVOD

Krajinnoeologický multidisciplinárny prístup vyznačujúci sa nadrezortnosťou a priestorovým nadhľadom k riešeniu problémov v krajine súvisiacich s jej optimálnym využívaním v duchu trvalo udržateľného rozvoja (TUR), resp. vývoja sa ukazuje už z dlhodobého hľadiska ako jediný vhodný. Svedčí o tom aj fakt, že metodika ekologickeho plánovania krajiny LANDEP (Ružička a Miklós 1982) bola uznaná na Konferencii o životnom prostredí a rozvoji (Rio de Janeiro 1992) v medzinárodne prijatom dokumente AGENDA 21. Neskôr na metodiku LANDEP nadviazala novokoncipovaná metodika ekologickej únosnosti krajiny (EÚK), ktorej cieľom je zabezpečiť ekologicky optimálne (únosné) využívanie krajiny. Hodnotenie EÚK tvorí povinnú súčasť rôznych dávnejšie prijatých legislatívnych nariadení (zákon č. 17/1992 Zb. o životnom prostredí, zákon č. 127/1994 Z.z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie.). Neskôr sa stala metodika EÚK východiskom pre krajinnoeologický plán v rámci stavebného zákona (zákon 237/2000 Z.z.) a zákona o vodách (zákon 364/2004 Z.z.), v rámci ktorých ide

o zabezpečenie integrovaného manažmentu krajiny, resp. povodia. Krajinné plánovanie sa stalo aj jedným z pilierov Národného programu implementácie Európskeho dohovoru o krajine.

EKOLOGICKÁ ÚNOSNOSŤ KRAJINY

V zmysle metodiky hodnotenia ekologickej únosnosti krajiny (Hrnčiarová a kol. 1997) sa EÚK chápe ako syntetická účelová vlastnosť krajiny, ktorá vyjadruje mieru prípustného (vhodného) využívania krajiny antropickými aktivitami, pričom sa nenarušia a / alebo nezničia prirodzené vlastnosti, procesy a vzťahy, ani kvalita životného prostredia. Predmetom hodnotenia ekologickej únosnosti je krajina a jej prvky, resp. zložky abiotickej, biotickej a socioekonomickej povahy, ktoré sú vo vzájomnej interakcii.

Metodický postup pozostáva z krajinoekologickej analýzy územia prvkov patriacich do tzv. primárnej, resp. prvotnej krajinnej štruktúry, ktorú človek najmenej ovplyvnil (geologicko-substrátový komplex, pôda, reliéf, ovzdušie, voda, potenciálna vegetácia). Ďalej ide o analýzu druhotnej, resp. súčasnej krajinnej štruktúry, ktorá je výsledkom pôsobenia človeka (formy využitia zeme, reálna vegetácia a živočíšstvo, novovytvorené technické prvky ap.), ako aj o analýzu terciárnej krajinnej štruktúry zameranej na pozitívne a negatívne socioekonomické javy (najmä záujmy ochrany prírody a krajiny, ochrany prírodných zdrojov, stresové javy - napr. zóny znečistenia ovzdušia, vody, pôdy ap.). Na krajinoekologickú analýzu nadväzuje krajinoekologická syntéza ako vymedzenie a klasifikácia priestorových areálov s približne rovnakými krajinoekologickými vlastnosťami, ktoré sa nazývajú typy krajinoekologických komplexov (KEK). Vlastnosti daného typu KEK určujú jeho vhodnosť (aj únosnosť) pre využitie človekom. Ďalšou fázou metodického postupu je krajinoekologická interpretácia, výsledkom ktorej sú tri interpretované účelové vlastnosti krajiny: zraniteľnosť krajiny, súčasné zaťaženie a ekologická významnosť krajiny. Zraniteľnosť krajiny je účelová vlastnosť krajiny, ktorou sa vyjadruje predpokladaná reakcia krajiny na vonkajšie rušivé vplyvy. Súčasnú zaťaženie krajiny vyjadruje zaťaženie územia stresovými faktormi (primárnymi a sekundárnymi) a ekologická významnosť krajiny je účelová vlastnosť krajiny určujúca mieru zabezpečenia pozitívnych ekologických procesov a funkcií v krajine, pričom za ekologicky významné prvky sa považujú tie, ktoré vytvárajú priaznivé predpoklady pre fungovanie procesov v ekosystéme a pre zachovanie a udržanie priaznivých podmienok na regeneráciu a obnovu genofondu, ekologickej stability a biodiverzity v krajine a na obnovenie prírodných zdrojov. Uvedené vlastnosti v podobe limitov vstupujú do evalvačného procesu. Krajinoekologická evalvácia je proces stanovenia vhodnosti požadovaných spoločenských aktivít na jednotlivé lokality. Ide o konfrontáciu požiadaviek jednotlivých aktivít s krajinoekologickými podmienkami. V poslednom kroku metodického postupu – krajinoekologická propozícia (návrhy) sa uskutoční výber únosných (vhodných) aktivít, stanovujú sa tri stupne ekologickej únosnosti (vhodné využívanie, stredne vhodné a nevhodné využívanie krajiny), ako aj návrh opatrení na zmiernenie negatívnych vplyvov ľudskej činnosti v krajine.

ZDÔVODNENIE PREPOJENIA METODIKY EÚK NA ODVETVOVÉ PRIESKUMY KRAJINY

Vzhľadom na to, že pri aplikácii tejto metodiky sa vytvárajú krajinoekologické komplexy, ktoré nie sú totožné s plánovacími jednotkami v rámci lesníctva alebo poľnohospodárstva, veľmi ťažko sa presadzujú odporúčania a závery vyplývajúce z jej hodnotenia do praxe. Preto je veľmi žiaduce zvýšiť vzájomnú spoluprácu lesníkov, poľnohospodárov, vodohospodárov a krajinných ekológov na báze pôdohospodárstva. Krajinní ekológovia musia vo zvýšenej miere využívať výsledky špecifických prieskumov (Zaušková 2001, 2003) prebiehajúcich v rámci lesníctva, poľnohospodárstva, vodného hospodárstva a odborníci z týchto odvetví by mali pri zohľadňovaní svojich priorít v rámci rezortu uplatniť krajinoekologický (nadrezortný, celostný) pohľad na

fungovanie krajiny, ktorý sa čoraz naliehavejšie presadzuje aj prostredníctvom smerníc Európskej únie.

Využitie informácií z prieskumov prináša jednak zrýchlenie aplikácie metodiky hodnotenia EÚK a jednak nová interpretácia týchto údajov prináša lepšie zhodnotenie práce, ktorá bola vynaložená na ich získanie a spätne je aj prínosom (z hľadiska nového pohľadu) pre jednotlivé rezorty (Zaušková 2007).

Na vzájomnú izolovanosť rezortných výskumov upozorňuje aj Konôpka (2008, predseda Predsedníctva SAPV), takisto na veľký počet vedecko – výskumných projektov, ktoré sa často riešia duplicitne, bez vzájomného prepojenia, pričom často chýba syntéza výsledkov riešenia a ich spracovanie do realizačnej formy.

I napriek tomu, že v rámci lesníctva je snaha uplatňovať princípy funkčne integrovaného lesného hospodárstva a v rámci poľnohospodárstva princípy multifunkčnosti, ide o snahy izolované bez ohľadu na vzájomnú interakciu lesnej a poľnohospodárskej krajiny a ich vplyvu na vodu v krajine. Absentuje komplexné riešenie problémov rámci gravitačného celku - povodia.

INTERPRETÁCIA VÝSLEDKOV PRIESKUMU EKOLÓGIE LESA V METODIKE EÚK

Komplexné zisťovanie stavu lesa sa realizuje prostredníctvom prieskumu ekológie lesa, ktorý má za úlohu zistiť stav lesných ekosystémov, vykonať rozbor podmienok hospodárenia z hľadiska posúdenia ekologickej stability lesných ekosystémov, prognózovať ich vývoj, stanoviť ciele a ekologicke zásady hospodárenia a navrhnúť ekologicke opatrenia. Prieskum ekológie lesa obsahuje komplexný prieskum stavu, poškodenia, zmien a potenciálneho ohrozenia lesných ekosystémov (www.forestportal.sk). Po skončení ekologickeho prieskumu sú údaje transformované do lesného hospodárskeho plánu (LHP).

LHP je nástrojom, prostredníctvom ktorého by sa malo zabezpečiť cieľavedomé a plánovité obhospodarovanie lesov. Pozostáva z viacerých súčastí. Z nich najdôležitejšou je opis porastov a plán hospodárskych opatrení. Táto časť obsahuje množstvo údajov, ktoré sa týkajú lesných porastov (jednotiek priestorového rozdelenia lesa), ktoré spolu s lesníckymi mapami, okrem toho, že poskytujú údaje a pokyny lesnému hospodárovi a plnia aj ďalšie funkcie (pre orgány štátnej správy lesného hospodárstva, orgány štátnej správy životného prostredia, Lesnícke informačné centrum, ap.).

V rámci aplikácie metodiky EÚK sa v krajinnoekologickej syntéze prvotnej krajinnej štruktúry využijú predovšetkým základné lesnícke typologické jednotky, ktoré boli vytvorené na základe rovnakých, resp. podobných stanovištných podmienok. Ich rozmiestnením a usporiadaním vznikajú špecifické ekologicke mriežky (podľa Vladoviča 2003), ktoré vyjadrujú prírodný potenciál lesných zdrojov a umožňujú stratifikovať územie z hľadiska prírodných podmienok. Zároveň sú podkladom pre funkčnú typizáciu lesa a jeho následnú kategorizáciu. Súčasná krajinná štruktúra sa charakterizuje jednak prostredníctvom reálnej vegetácie na báze hospodárskych súborov porastových typov, ktoré sú podľa Hančinského (1977) obrazom hlavne súčasného drevinového zloženia a priestorového rozmiestnenia drevín a jednak prostredníctvom súčasného využívania lesnej krajiny na báze funkčných typov lesa.

Vzhľadom na to, že cieľom hodnotenia EÚK je posúdiť vhodnosť súčasného využívania krajiny s ohľadom na krajinnoekologicke limity a regeneračnú schopnosť prírodných zdrojov, v lesníckej terminológii ide o prehodnotenie funkčných typov lesa uvedených v aktuálnom lesnom hospodárskom pláne na základe ďalších krajinnoekologicke limitov (vyplývajúcich zo súčasného zaťaženia, zraniteľnosti a ekologickej významnosti krajiny), s ktorými sa pri tvorbe funkčných typov neuvvažovalo, resp. ktoré boli podhodnotené kvôli ekonomickému efektu z prvoradej a prevažujúcej produkčnej funkcie lesných porastov. Pritom ide o vzájomnú konfrontáciu súčasného využívania lesnej krajiny a krajinnoekologicke podmienok, ktoré sú reprezentované stupňami disturbancie povrchu hustotou lesnej cestnej siete a výskytom holorubov, stupňom poškodenia porastov vetrovou kalamitou, stupňom ohrozenia porastov voči škodlivým činiteľom (abiotickým, biotickým a antropickým), stupňom erózneho ohrozenia vplyvom povrchového odtoku, stupňom

stanovištne-ekologickej vhodnosti, stupňom ekologickej stability, stupňom ochrany prírody a vodných zdrojov a pod.

Funkčné typy lesa, vyjadrujúce prevládajúci spôsob využívania lesa na určitom území, majú kľúčové postavenie pri kategorizácii lesov podľa prevažujúcej funkcie lesov na lesy hospodárske, ochranné lesa a lesy osobitého určenia, čo má vplyv na spôsob hospodárenia v lese, t.j. na súčasné využívanie. Prehodnotenie funkčných typov lesa s využitím metodiky hodnotenia ekologickej únosnosti krajiny bude často znamenať ich zásadnú zmenu v prospech ekologických a environmentálnych funkcií lesa (najmä pôdoochranných a hydrických funkcií lesa). Prítom prehodnotenie funkčných typov lesa bude aj s ohľadom na príľahlú krajinu v rámci povodia (napr. v súvislosti so zabezpečením dostatku kvalitnej pitnej vody, s protipovodňovou ochranou, ochranou nižšie položeného územia pred pádom lavín alebo pred zosunmi a pod.

INTERPRETÁCIA VÝSLEDKOV KOMPLEXNÉHO PRIESKUMU PÔD A Z NICH ODVODENÝCH KATEGÓRIÍ V METODIKE EÚK

V rámci krajinnokoekologických analýz, resp. syntéz sa využíva predovšetkým klasifikačný systém bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek (BPEJ). Sú to pôdne a ekologicky relatívne najhomogénnejšie jednotky bonitačného informačného systému. V podstate predstavujú hlavné pôdno-klimatické jednotky, ktoré sú podrobnejšie rozdelené podľa kategórií ich sklonu svahov, expozície svahov k svetovým stranám, skeletovitosti, hĺbky pôdy a zrnitosti povrchového horizontu. Každá parcela je charakterizovaná parametrami pôdno-ekologických vlastností vyjadrenými tzv. "bonitovanými pôdno-ekologickými jednotkami". Týmto jednotkám odpovedajú aj normatívne údaje o produkcii poľnohospodárskych plodín, ktoré sa môžu v daných prírodných podmienkach a pri obvyklej agrotechnike pestovať, ako aj normatívne údaje o nákladoch, čo slúži pre výpočet ceny pôdy (Džatko 1976).

V súvislosti s využívaním pôd v rámci poľnohospodárskej krajiny ide predovšetkým o využitie ich produkčného potenciálu. Významnou interpretovanou kategóriou vo vzťahu k hodnoteniu EÚK sú typologicko-produkčné kategórie poľnohospodárskych pôd (Džatko 2002), ktoré boli vytvorené na základe podrobných poznatkov o priestorovej štruktúre produkčného potenciálu pôd, vrátane početných výsledkov analýz vzťahov medzi vlastnosťami pôdno-ekologickej jednotky a produkciou hlavných plodín. Na rozdiel od bodových hodnôt BPEJ naznačujú aj udržateľné vzťahy medzi vlastnosťami BPEJ a spôsobmi využívania ich potenciálu. Typologicko-produkčné kategórie reprezentujú z pohľadu hodnotenia EÚK potenciálne vhodné, resp. únosné využívanie kultúrnej poľnohospodárskej krajiny a považujeme ich za jedno z východísk pre uplatnenie multifunkčnosti poľnohospodárstva.

Súčasná krajinná štruktúra poľnohospodárskej krajiny (jej súčasné využívanie) nie je vždy v súlade s typologicko-produkčnými kategóriami, čo súvisí s útlmom poľnohospodárstva po roku 1989. So zmenou vlastníckych vzťahov došlo okrem záberov poľnohospodárskej pôdy na výstavbu aj k samovoľnému zarastaniu lúk a pasienkov (sukcesia) nelesnou stromovou a krovinovou vegetáciou. Objavil sa nový fenomén v krajine - problém pustnutia kultúrnej poľnohospodárskej krajiny, ktorý nás núti vážne sa zamyslieť nad jej cieľovou kvalitou.

Šancu na zmenu vo využívaní poľnohospodárskej krajiny prináša reforma z roku 2003, ktorá rozviazala dovtedajšiu väzbu priamych platieb na poľnohospodársku produkciu a uplatňuje tzv. neviazané platby na historickom alebo regionálnom princípe, čím predpokladá možnosť pokračovania v poľnohospodárskom využívaní krajiny bez povinnosti vyrábať. Ideovým základom európskej agrárnej politiky a jej reforiem sa stala multifunkčnosť poľnohospodárstva, t. j. ako činnosti, ktorá spĺňa v spoločnosti viaceré funkcie (ekonomické, ekologicke a sociálne). Základnou myšlienkou je fakt, že poľnohospodárstvo je viac ako výroba a predaj komodít. Z poľnohospodárstva plynú aj ďalšie úžitky (externality), ktoré prispievajú (Miština, 2006) k životaschopnosti vidieckych sídiel (cez udržanie farmárskych rodín, vidieckej zamestnanosti a kultúrneho dedičstva), biologickej diverzite, rekreácii, bioenergii, estetike krajiny, kvalite a bezpečnosti potravín. Začínajú sa uplatňovať nové názory na posudzovanie výroby. Nekladie sa

už taký dôraz na jej maximalizáciu za každú cenu, ale len pri dodržaní agroenvironmentálnych podmienok.

Uplatnenie multifunkčnosti poľnohospodárstva vychádza z typologicko-produkčných kategórií, resp. z ich následného začlenenia do primárneho a sekundárneho pôdneho fondu. Predovšetkým sekundárny pôdny fond (sekundárna poľnohospodárska pôda) je možné za predpokladu záujmu spoločnosti dočasne použiť na iné ako potravinové účely, pričom takýmto využívaním nedôjde k jeho znehodnoteniu (charakter i vlastnosti ostávajú prakticky nezmenené). Túto pôdu je možné vyčleniť na alternatívne poľnohospodárske využitie na výrobu bioenergií, výrobu surovín, zalesnenie, športové, turistické a rekreačné účely a časť z nej môže byť využitá aj na zábery.

Vzhľadom na to, že pri optimalizácii využívania krajiny v procese evalvácie ide o konfrontáciu krajinnоекologických podmienok s požiadavkami (spoločnosti) na využitie, je potrebné uvažovať s limitmi, ktoré vyplývajú z troch kľúčových kritérií EÚK (zraniteľnosť krajiny, súčasné zaťaženie a ekologická významnosť krajiny). Tieto pôsobia ako obmedzenia intenzívnej poľnohospodárskej činnosti. Z hľadiska zraniteľnosti ide najmä o ohrozenie územia vodnou a vetrovou eróziou, ako aj extrémami počasia - suchom a povodňami (Zaušková, Midriak, 2008). V súvislosti s vodnou eróziou je potrebné si uvedomiť, že ide o permanentný proces, ktorý vplýva na stenčovanie pôdneho profilu, stratu jemnozeme a živín, zhoršovanie textúry a štruktúry pôdy, vodného režimu, čím vplýva na zníženie prirodzenej úrodnosti pôdy. Výskyt lejakovitých dažďov, ako jeden z extrémov prebiehajúcich klimatických zmien, je vážnym ohrozením pôd i pri minimálnom sklone vplyvom bombardujúceho účinku vodných kvapiek. Erózne ohrozenie vodnou eróziou je preto potrebné zohľadniť rovnako pri výbere pestovaných plodín, ako aj pri uplatňovaní protieróznych opatrení. Vetrová erózia pôsobí rozrušovaním pôdneho povrchu mechanickou silou vetra (abrázia), odnášaním rozrušovaných častíc vetrom (deflácia) a ukladaním týchto častíc na inom mieste (akumulácia). Je degradačným procesom, ktorý spôsobuje škody nielen na poľnohospodárskej pôde - odnosom ornice, hnojív, osív a ničením poľnohospodárskych plodín, ale aj zanášaním komunikácií, priekop, vodných tokov, kanálov, vytváraním návejov a znečisťovaním ovzdušia. Na pôdu negatívne pôsobí aj výsušný účinok vetra. Sucho je limitujúcim faktorom úrod. Výskyt suchých období v rámci vegetačného obdobia výrazne zhoršuje pokrytie vlahovej potreby rastlín.

Z hľadiska ekologickej významnosti krajiny sú významné obmedzenia vyplývajúce z platných právnych predpisov a konvencií, týkajúcich sa najmä ochrany prírody a prírodných zdrojov (zákon o ochrane prírody a krajiny 543/2002 Z. z., NATURA 2000, zákon o vodách 364/2004 Z. z., Ramsarský dohovor a i.).

Limity vyplývajúce zo súčasného zaťaženia súvisia najmä s antropogénnymi stresovými faktormi (napr. zábery pôdy na výstavbu, umiestnenie produktovodov, elektrické vedenia, ale aj vplyv výfukových plynov áut, vplyv posypových solí, ale aj degradácia pôdy spôsobená nesprávnym obhospodarovaním, veľkosť areálov využívania a pod.

V návrhoch na optimalizáciu využívania poľnohospodárskej krajiny je potrebné vychádzať z predpokladov (z ponuky zdrojov a priestoru) – typologicko-produkčných kategórií pôd, t. j. z potenciálu poľnohospodárskej krajiny. Pritom treba brať do úvahy aj limity vyplývajúce z citlivosti prírodného prostredia, ako aj obmedzenia z legislatívnych noriem, čím sa určí tzv. absolútny potenciál, t. j. miera prípustného - únosného využívania krajiny, pri ktorom sa nenarúša priestorová ekologická stabilita krajiny a nevznikajú „nežiaduce“ zmeny v krajine. Následne je nutné porovnať stav súčasného využívania s absolútnym potenciálom a navrhnúť také opatrenia, aby sa súčasný stav využívania územia čo najviac priblížil k vhodnému - únosnému využívaniu.

ZÁVER – ODPORÚČANIA

Pri hodnotení ekologickej únosnosti krajiny - jej vhodnosti využívania je potrebné veľmi citlivo a zodpovedne pristupovať k odstraňovaniu, resp., ponechaniu rozličných sukcesných štádií (zárastových procesov) v podobe nelesnej stromovej a krovitej vegetácie. Jej výskyt, ale najmä jej

funkcie, ktoré v krajine plní je potrebné posudzovať nielen s ohľadom na poľnohospodársku krajinu, ale v rámci celého gravitačného celku – povodia s dopadom až na urbánnu krajinu.

Veľmi významné je cieľené (nie samovoľné) zvyšovanie podielu nelesnej stromovej a krovitej vegetácie, a to tak z hľadiska zabezpečenia priestorovej ekologickej stability poľnohospodárskej krajiny, ako aj z hľadiska zvýšenia jej retenčnej kapacity a protieróznej ochrany pôdy i ochrany pred povodňami (napr. brehové porasty, biokoridory, vetrolamy, protideflačné pásy, zasakovacie pásy ap., bližšie Midriak, Zaušková, 2004, Midriak, 2005). Súčasťou návrhu opatrení (v rámci aplikácie metodiky EÚK) by mal byť aj návrh starostlivosti o nelesnú stromovú a krovitú vegetáciu.

Metodiky EÚK je potrebné aplikovať aj pri posúdení súčasného využívania tzv., neLPIS-ových pôd, ktoré sú súčasťou poľnohospodárskej krajiny. Tieto pôdy, resp. plochy javia známky absencie krajinnej koncepcie (chápanej v zmysle Európskeho dohovoru o krajine (2000) ako vyjadrenie zásad, stratégií, ktoré umožňujú prijatie opatrení zameraných na starostlivosť o krajinu) a absencie manažmentu krajiny, ktorý má z hľadiska perspektívy udržateľného rozvoja zabezpečiť pravidelnú starostlivosť o krajinu, s cieľom usmerňovať a zosúladiť zmeny, ktoré sú spôsobené činnosťou človeka. V prípade starostlivosti o neLPIS-ové pôdy sa nevyklučuje aj možnosť delimitácie v prospech lesného pôdneho fondu.

Víziu komplexnej starostlivosti o krajinu najvýstižnejšie vyjadruje Európsky dohovor o krajine (Slovensko ho ratifikovalo v roku 2005), ktorý prináša nový komplexný prístup k využívaniu, ochrane a plánovaniu celej krajiny v Európe. Tento dohovor znamená celkové posilnenie významu krajiny – jej ochrany, manažmentu a plánovania v celom rozhodovacom procese a tiež v medzinárodnej spolupráci. Jeho cieľom je podporiť trvalo udržateľný rozvoj na základe vyváženého a harmonického vzťahu medzi spoločenskými potrebami, hospodárskou činnosťou a životným prostredím.

LITERATÚRA

- AGENDA 21 A UKAZOVATELE TRVALOUDRŽATEĽNÉHO ROZVOJA. MŽP SR, Bratislava, 1996, 517 s.
- DŽATKO, M. A KOL. 1976. Charakteristika bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek SSR. Príroda, Bratislava, 102 s.
- DŽATKO, M. 2002. Hodnotenie produkčného potenciálu poľnohospodárskych pôd a pôdno-ekologických regiónov Slovenska. VUPOP, Bratislava, 88s.
- EURÓPSKY DOHOVOR O KRAJINE. Florencia, 2000, 8 s.
- HANČINSKÝ, L. 1977. Lesnícka typológia v prevádzkovej praxi. Príroda, Bratislava, 223 s.
- HRNČIAROVÁ, T. A KOL. 1997. Ekologická únosnosť krajiny – Metodika a aplikácia na 3 benefičné územia, I. – IV. časť. Ekologický projekt MŽP SR, ÚKE SAV Bratislava, 490 s. (nepubl.).
- KONÔPKA, J. 2008. Štátna lesnícka politika vo vede výskume a celoživotnom vzdelávaní. In: Lesy a lesníctvo – riziká, výzvy a riešenia. Medz. konf., Národné lesnícke centrum, Zvolen, (v tlači).
- MIDRIAK, R. 2005. Lesy a lesníctvo ako súčasť životného prostredia. In Zúbrik, M. (ed.) Problémy a úlohy rozvoja lesníctva na Slovensku. Zbor. ref. z vedec. konf. k 65. výročiu narodenia doc. Ing. Jozefa Konôpku, CSc. Lesnícky výskumný ústav Zvolen, s. 71-80.
- MIDRIAK, R., ZAUŠKOVÁ, Ľ. 2004. Štruktúra vidieckej krajiny na Slovensku a funkcie lesa v nej. In „Regióny – vidiek – životné prostredie 2004“. Zbor. príspevkov z medzinár. vedec. konferencie, SPÚ Nitra, FEŠRR, Nitra 2004, CD, 10 s.
- MIŠTINA, T. 2006. Externalita v rastlinnej výrobe. In Blaas, G. (ed.) Multifunkčné postavenie a trvalo udržateľný rast poľnohospodárstva a lesníctva. Zborník SAPV, č. 55, Nitra, s. 56-61.
- RUŽIČKA, M., MIKLÓS, L. 1982a. Landscape-ecological planning (LANDEP) in the process of territorial planning. Ekológia (ČSSR), 1, č. 3, s. 297-312
- VLADOVIČ, J. 2003. Oblastné východiská a princípy hodnotenia drevinového zloženia a ekologickej stability lesov Slovenska. Lesnícke štúdie, 57, Príroda, Bratislava, 160 s.

- ZAUŠKOVÁ, Ľ. 2001. Prepojenie krajinnoekologických a lesníckych metodických prístupov v ekológii krajiny. In Midriak (ed.) Smery rozvoja a výučby aplikovanej ekológie. Zb. ref., FEE Banská Štiavnica, s. 163-167.
- ZAUŠKOVÁ, Ľ. 2003. Integrovaný manažment a ekologická únosnosť v povodiach vodárenských nádrží. Vedecké štúdie 4/2003/B. TU vo Zvolene, 85 s. + prezentačné CD.
- ZAUŠKOVÁ, Ľ. 2007. Hospodársko úpravnicke plánovanie v kontexte Európskeho dohovoru. Lesnícky časopis-Forestry Journal, 53, č. 2, s. 145-152.
- ZAUŠKOVÁ, Ľ., MIDRIAK, R. 2008. Multifunkčné poľnohospodárstvo ako alternatíva trvalo udržateľného rozvoja. In: Kultúrna krajina ako objekt výskumu v oblasti trvalo udržateľného rozvoja. Smolenická výzva IV. Smolenice (v tlači).
- FORESTPORTAL. Národné lesnícke centrum [online]. c2008, [cit.14.11.2008], Dostupné na internete <www.forestportal.sk>
- ZÁKON Č. 17/1992 Z. z. o životnom prostredí.
- ZÁKON NR SR Č. 127/1994 Z. z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie.
- ZÁKON 543/2002 Z. z o ochrane prírody a krajiny.
- ZÁKON 364/2004 Z. z. o vodách.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0591-07.

PRÍSPEVKY – POSTERY



MAPOVANIE PRIESTOROVÉHO ROZŠÍRENIA ZVÝŠENEJ ERÓZIE ORNEJ PÔDY IDENTIFIKÁCIOU ŠIROKORIADKOVÝCH PLODÍN METÓDOU DIAĽKOVÉHO PRIESKUMU ZEME

Lubica Hamlíková

*Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava
e-mail: hamlikova@vupu.sk*

Abstrakt: Mapovanie priestorového rozšírenia zvýšenej erózie ornej pôdy identifikáciou širokoriadkových plodín metódou Diaľkového prieskumu zeme.

Diaľkový prieskum Zeme je jedna z bezdotykových metód umožňujúcich získavať informácie o krajine a dejoch v nej prebiehajúcich, pričom jedným z týchto dejov môže byť aj erózia pôdy. V tomto príspevku je porovnávané priestorové rozšírenie širokoriadkových plodín s výskytom svetlých erodovaných areálov pôdy. Modelové územie s rozmermi 10x10 km sa nachádza v okrese Topoľčany v severnej časti Nitrianskej pahorkatiny. Podiel ornej pôdy z celkovej rozlohy je 84,7 % s prevládajúcimi okopaninami (30 %), ozimnými (27 %) a jarnými obilninami (24 %). Pomocou satelitných obrazových záznamov s vysokým rozlíšením (SPOT) a veľmi vysokým rozlíšením (Quickbird) boli vymedzené plochy najprv podľa plodiny na ornej pôde pre rok 2006. Jednotlivé plochy plodín boli rozdelené podľa atribútov sklonu reliéfu z digitálneho modelu reliéfu získaného fotogrametricky, orientácie sejby plodiny voči svahu a pôdneho typu. Z vytvorenej databázy boli vybrané plochy s kombináciou širokoriadkovej plodiny (kukurica, slnečnica, cukrová repa) a sklonu svahu nad 3° a v nich boli zisťované svetlé areály erodovanej pôdy.

Kľúčové slová: Diaľkový prieskum Zeme, erózia pôdy, širokoriadkové plodiny

Abstract: Mapping of the space distribution of the higher arable soil erosion by identification of root crops using the remote sensing method.

The remote sensing is one of the methods allowing to gain informations about the landscape and processes in landscape without touching it. One of these processes is also the soil erosion. The focus of this topic was to compare the space distribution of crop roots with the presence of areas of eroded soil with lighter patterns. The model area has size 10kmx10km and is situated in Topoľčany county in the northern part of Nitrianska hilly land. The rate of arable land is 84,7 % of the whole area with dominating root crops (30 %), winter cereals (27 %) and spring cereals (24 %). Areas of crops on the arable land were identified and vectorized using the satellite imagery with high resolution (SPOT) and very high resolution (Quickbird). The used satellite imagery is from the spring-summer period of the year 2006. The created areas were cut into parts according to attributes: gradient of slope (derived from photogrammetrical digital terrain model), orientation of seeding to slope and the soil type. There were selected areas with attribute combination of root crop (corn, sunflower, sugar beet) and gradient of slope with value more than 3 degrees in the database. Parts with eroded soil were identified in the selected areas.

Keywords: Remote sensing, soil erosion, root crops

ÚVOD

Erózia pôdy a najmä erózia poľnohospodársky využívannej pôdy je dlhodobou pretrvávajúcou problémom. Poľnohospodárska pôda je postihnutá najmä priamou antropogénnou eróziou spôsobenou prevažne orbou a zavlažovaním. K priamej antropogénnej erózii sa vplyvom pôsobenia počasia mimo vegetačného obdobia plodín ale často aj počas neho pridáva aj dažďová a veterná erózia. Tieto deje sú súčasťou procesov prebiehajúcich v krajine už dlhú dobu a v prípade nevhodnej kombinácie eróznych faktorov môže dochádzať k ich nadmernému pôsobeniu a tým k degradácii pôdy. Diaľkový prieskum Zeme má svoje využitie aj pri mapovaní erózie pôdy. Je možné priamo mapovať priestorové rozšírenie svetlých erodovaných areálov pomocou panchromatických satelitných obrazových záznamov (Sviček 2003). Ak sú k dispozícii multispektrálne satelitné obrazové záznamy s veľmi vysokým rozlíšením (t.j. veľkosť obrazového prvku je menšia ako 3 m) je možné zisťovať aj priestorové rozšírenie niektorých eróznych faktorov

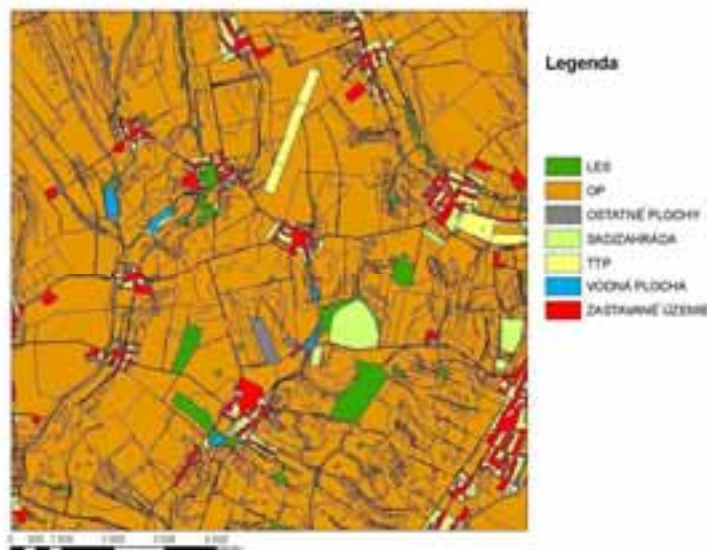
napr. rastlinného krytu alebo spôsobu obhospodarovania. Tým vzniká predpoklad, že zmapovaním týchto faktorov a doplnením o ďalšie informácie je možné nepriamo zmapovať aj miesta výskytu zvýšenej erózie ornej pôdy. Pri sústredení sa na rizikovú skupinu širokoriadkových plodín by malo byť možné overiť si, ako sa pri obhospodovaní pôdy berie reálne do úvahy problém erózie poľnohospodárskej pôdy.

MATERIÁL A METÓDY

Diaľkový prieskum Zeme síce neumožňuje kvantitatívne hodnotenie procesov prebiehajúcich v krajine, ale dokáže mapovať ich priestorové rozšírenie, prípadne priestorové rozšírenie podmieňujúcich činiteľov. Takto je možné mapovať aj eróziu pôdy na základe jej vizuálnych prejavov v krajine, prípadne mapovať aj priestorové rozšírenie niektorých faktorov podmieňujúcich eróziu.

Za účelom zistenia priestorového rozšírenia zvýšenej erózie obhospodarovanej pôdy boli použité satelitné obrazové záznamy z roku 2006 – konkrétne Quickbird (satelitný obrazový záznam s veľmi vysokým rozlíšením) a SPOT (satelitný obrazový záznam s vysokým rozlíšením) z rôznych dátumov.

Na podklade satelitného obrazového záznamu Quickbird z 12.6.2006 boli určené a vektorizované areály lesa, ornej pôdy, sádov, záhrad, trvalých trávnatých porastov, vodných plôch, zastavaného územia a ostatných plôch (Obr.1).

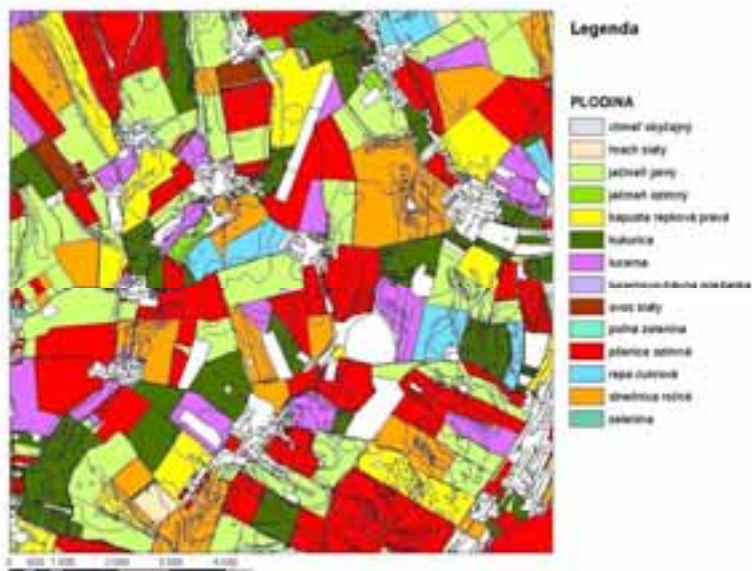


Obr. 1. Využitie pôdy v modelovom území

Ďalej sa pracovalo s areálmi ornej pôdy, v ktorých boli pomocou Quickbird a SPOT obrazových záznamov identifikované jednotlivé plodiny. Hlavným účelom bola lokalizácia plodín pre potreby nasledujúcich analýz a najmä zistenie plôch širokoriadkových plodín. Každá rastlina má určitú schopnosť odrážať elektromagnetické žiarenie, čo sa prejavuje rozdielnym sfarbením na satelitných obrazových záznamoch. Na základe toho je možné s veľkou pravdepodobnosťou určiť, o akú plodinu sa jedná (Obr. 2).

Areály plodín získané z diaľkového prieskumu Zeme bolo potrebné doplniť o ďalšie údaje. Plochy jednotlivých plodín boli rozdelené podľa pôdnych typov s využitím máp bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek. Ďalej boli plochy rozdelené podľa atribútov sklonu svahu získaných z fotogrametrického digitálneho modelu reliéfu a orientácie sejby plodín voči vrstevniciam a spádniciam. Pri tom sa využila kombinácia digitálneho modelu reliéfu s textúrou plodín na satelitnom obrazovom zázname s veľmi vysokým rozlíšením.

Takto vznikla databáza plôch, z ktorej je možné vybrať plochy s určitými kritickými kombináciami atribútov indikujúcimi ohrozenie ornej pôdy eróziou.



Obr. 2. Plodiny na ornej pôde v roku 2006

VÝSLEDKY

Modelové územie s rozlohou 10x10 km sa nachádza v okrese Topoľčany v severnej časti Nitrianskej pahorkatiny, ktorá podľa (Fulajtár a Janský, 2001) patrí medzi silno erodované oblasti na sprašiach a sprašových hlinách. Rozpätie nadmorskej výšky je 160 – 260 m n.m. Prevládajú tu hnedozeme a regozeme, v menšej miere sa vyskytujú fluvizeme. Vzhľadom relatívne malú rozlohu sa predpokladalo, že na tomto území sú približne rovnaké zrážkové pomery. Výmera ornej pôdy je 8473,3 ha, čo predstavuje 84,7 % z celkovej rozlohy modelového územia.



Obr. 3. Lokalizácia modelového územia v rámci SR

V roku 2006 prevládali na modelovom území obilniny a okopaniny. Ozimné obilniny pokrývali 27 %, jarné obilniny 24 % a okopaniny 30 % plochy ornej pôdy. Rozlohy jednotlivých plodín a ich podiel na ornej pôde sú uvedené v Tab.1.

Tab. 1. Výmery plodín na modelovom území a ich podiel na celkovej rozlohe ornej pôdy v roku 2006.

Plodina	Rozloha [ha]	% ornej pôdy
jačmeň jarný	1945.68	22.96
jačmeň ozimný	46.77	0.55
kapusta repková pravá	798.52	9.42
kukurica	1131.96	13.36
lucerna	250.25	2.95
ovos siaty	80.13	0.95
pšenica ozimná	2284.70	26.96
repa cukrová	284.57	3.36
slnečnica ročná	1136.88	13.42
zelenina	20.18	0.24
chmeľ obyčajný	7.44	0.09
hrach siaty	37.47	0.44

Z hľadiska sledovania zvýšenej erózie pôdy sú najzaujímavejšie práve širokoriadkové plodiny slnečnica ročná, kukurica siata na zrno a repa cukrová, ktoré majú nízky protierozný účinok (Fulajtár a Janský 2001). Tieto plodiny sa navyše pestujú na pomerne veľkých výmerách.

Tab. 2. Výmery kukuricesiatej na zrno, slnečnice ročnej a repy cukrovej vzhľadom na sklon svahu a orientáciu sejby v smere vrstevníc (VR) alebo spádnic (SP).

Plodina	Výmera [ha]					
	0°-3°		3°-7°		7°-12°	
	v smere SP	v smere VR	v smere SP	v smere VR	v smere SP	v smere VR
kukurica	536.35	373.27	138.85	77.80	5.68	0.00
slnečnica ročná	372.73	579.30	86.01	89.98	3.68	5.17
repa cukrová	59.10	156.04	0.93	64.52	0.00	3.98
spolu	968.17	1108.61	225.80	232.31	9.36	9.15

Z údajov v Tab. 2 vyplýva, že 16,3 % z celkovej rozlohy slnečnice, 19,5 % z celkovej rozlohy kukurice a 24,4 % z celkovej rozlohy repy cukrovej sa nachádza na svahoch so sklonom väčším ako 3°. Na takýchto plochách je predpoklad vzniku erodovaných plôch, ktoré sa na satelitných obrazových záznamoch prejavujú ako svetlé areály. Tieto sú spôsobené vyššou spektrálnou odraznosťou obnažených spodných horizontov, v porovnaní so spektrálnou odraznosťou tmavých vrchných horizontov (Sviček 2003).

Prekrytie areálov širokoriadkových plodín na svahoch s rôznym sklonom s Quickbird obrazovým záznamom (Obr.4) umožnilo porovnať tieto areály s výskytom svetlých flakov. Výskyt svetlých flakov sa najviac zhoduje s plochami sklonu nad 3°v prípade slnečnice ročnej – v týchto miestach sú na pôde svetlejšie miesta podlhovastého tvaru, prípadne miesta s redšou vegetáciou. Toto naznačuje dlhodobejšie podmienky pre zrýchlený odnos častíc vrchných horizontov. V prípade kukurice je situácia nejednoznačná – svetlé miesta na pôde sa vyskytujú aj pri sklonoch menších ako 3°. Nie všetky svetlé miesta však musia byť spôsobené eróziou, môže sa jednať aj o plochy s nižšou vlhkosťou, ktorá spôsobuje vyššiu spektrálnu odraznosť. V prípade repy cukrovej nebol zaznamenaný zvýšený výskyt svetlých plôch, pravdepodobne vplyvom prevládajúcej sejby v smere vrstevníc.



Obr. 4. Priestorové rozšírenie širokoriadkových plodín vzhľadom na sklon svahu (°)

ZÁVER

Zo zhodnotenia priestorového rozšírenia poľnohospodárskych plodín podporujúcich eróziu a výskytu svetlých erodovaných plôch vyplýva, že hospodáriace subjekty nie vždy berú do úvahy náchylnosť pôd na zvýšenú eróziu. V roku 2006 z celkovej rozlohy kukurice, slnečnice a repy cukrovej v rámci modelového územia, ktorá bola 2553,41 ha, bolo 476,62 ha na svahoch so sklonom väčším ako 3° a z toho zhruba 80 % sú plochy so svetlými areálmi. Tieto získané údaje sú však len pre rok 2006. Bolo by zaujímavé sledovať výskyt okopanín v rámci striedania plodín počas dlhšieho obdobia a tým získať širší prehľad o ich vplyve na eróziu pôdy na sledovanom území. Keďže mapovanie bolo vykonané formou vytvorenia databázy plôch s kombináciou atribútov, existuje možnosť rozšíriť databázu o údaje z ďalších období, prípadne o ďalšie doplňujúce informácie.

LITERATÚRA

- FULAJTÁR, E., JANSKÝ, L. 2001. Vodná erózia pôdy a protierózna ochrana. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznanctva a ochrany pôdy, 308 s. ISBN 80-85361-85-X
- SVIČEK, M. 2003. Modelling of potential Erosion and Detection of eroded Soil Areas on Trnavska Hilly Land and Highland of Krupina using Remote Sensing Methods. In Jambor, P., Nestroy, O.(eds.) Aspects of the Erosion by Water in Austria, Hungary and Slovakia. Bratislava, Soil Science and conservation Research Institute, p. 137-151

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0242-06.

POTENCIÁLNE MOŽNOSTI SKÚMANIA VPLYVU MEZORELIÉFU NA HYDROFYZIKÁLNE VLASTNOSTI PÔDY

Jozef Mališ, Boris Pálka

*Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Regionálne pracovisko Banská Bystrica,
Mládežnícka 36, 974 04 Banská Bystrica, e-mail: malis.vupop@bystrica.sk*

Abstrakt: Potenciálne možnosti skúmania vplyvu mezoreliéfu na hydrofyzikálne vlastnosti pôdy.

Pôdy na svahoch sa vyznačujú viacerými špecifikami z pohľadu ich vodného a živinového režimu. Reliéf terénu v tomto prípade významným spôsobom ovplyvňuje pôdotvorný proces a modifikuje tiež momentálne pôdne vlastnosti. Preto je potrebné pri prieskume pôd na svahoch brať do úvahy stanovištné faktory, najmä geomorfologické charakteristiky či hĺbku pôdy, resp. opačne – na základe stanovištných faktorov môžeme predpokladať určité pôdne charakteristiky. Geofyzikálna metóda elektrickej rezistívnej tomografie nám môže pomôcť pri získavaní poznatkov o pôde v širších priestorových súvislostiach na mezoškále (niekoľko metrov až desiatky metrov), čím vyplňa priestor medzi konvenčným pedologickým prieskumom na mikroškále a mapovaním pôd, vykonávaným na makroškále. Interpretáciou našich meraní sme získali nové rozpätia pôdnej rezistivity, ktoré nám umožnili identifikovať také fenomény ako hladinu tzv. svahovej vody, kapilárnu obrubu či odhadnúť zrnitosť zloženie pôdy a jej hĺbku. Porovnaním meraní na rovnomernom svahu v orografickom celku Javorie a v rámci konvexného segmentu terénu na Vtáčniku sme sledovali vplyv mezoreliéfu na spomenuté hydrofyzikálne fenomény. Nedeštruktívne metódy merania fyzikálnych vlastností pôdy nám môžu pomôcť pri tvorbe metodických východísk pre ďalší pôdno-hydrologický výskum.

KLúčové slová: kapilárna obruba, reliéf terénu, hĺbka pôdy

Abstract: Potential research opportunities of mesorelief impact on hydrophysical properties of soil.

Soils on slopes are remarkable due to the several particularities in their water and nutrient balance. Relief of terrain significantly affected soil production process in this case and it modifies momentary soil properties as well. Therefore it is necessary to take into consideration field factors at soil investigation, particularly geomorphological features or soil depth, or conversely – we can suppose soil properties on the ground of field factors. Geophysical method of electrical resistivity tomography could be helpful at soil investigation in broader spatial context on mesoscale (meters or tithes of meters) and so it fills up the space between conventional soil research on microscale on one hand and soil mapping (macroscale) on the other hand. By the interpretation of our measurements we obtained new range of soil resistivity that allowed us to identify such phenomena as ground water table and capillary fringe, to estimate total soil depth and soil texture. Comparing of measurement on uniform slope in orographic unit Javorie and on convex segment of terrain on Vtáčnik we pursued mesorelief impact on these hydrophysical phenomena. Nondestructive methods offer some methodical fundamentals for next research of soil hydrology.

Key words: capillary fringe, relief of terrain, soil depth

ÚVOD

Netradičné metódy zisťovania hydrofyzikálnych vlastností pôdy

Reliéf terénu je pri pôdach na svahoch významnou podmienkou geologického procesu tvorby pôdotvorného substrátu (svahovín), a tým pádom aj pôdotvorného procesu a je spoluzodpovedný za vysokú variabilitu aktuálnych pôdnych vlastností. Viacerí autori sa zaoberajú hľadaním súvislostí medzi reliéfom terénu a konkrétnymi pôdnymi charakteristikami pre účely mapovania pôdnych vlastností. Úsilie vyvinúť alternatívy ku konvenčným mapovacím metódam sa uberá cestou tvorby rôznych environmentálnych modelov na predpovedanie pôdnych charakteristík, pričom autori poukazujú na kvantitatívne interpolačné techniky ako napr. rôzne spôsoby krigingu, za predpokladu dostatočne vysokej hustoty dát, na kvantifikáciu korelácií medzi pôdnymi atribútmi a inými environmentálnymi premennými, ktorých priestorové charakteristiky môžu byť relatívne ľahko odvodené z existujúcich zdrojov, napr. z diaľkového prieskumu Zeme, z digitálnych výškových modelov (DTM, resp. DEM), z máp topografie, geológie alebo pôdneho krytu. Rozsah priestorovej

variability, ktorý môže byť zistený so špecifickým priestorovým rozlíšením na základe topografických atribútov závisí od:

- priestorovej škály topografickej variability v danej oblasti;
- podstaty procesov, ktoré sú zodpovedné za priestorovú variabilitu pôdných vlastností s príslušným priestorovým rozlíšením, najmä od rozsahu v akom tieto procesy závisia na topografiách ako hnacej sile;
- stupňa, v akom boli terénno-pôdne vzťahy narušené antropickým využitím krajiny (Boer et al. 1996).

Najmä prvé dva faktory môžu byť problematické v oblastiach Západných Karpát, kde pôdotvorný proces prebiehal v zložitých terénnych a klimatických (periglaciálnych) podmienkach, prevažne na nespevnených sedimentoch svahovín. Určitým východiskom by mohla byť nová alternatívna metodológia, ktorú ponúka Catani et al. (2006). Navrhuje hľadať koreláciu medzi viacerými parametrami – hĺbkou pôdy a sklonom, horizontálnym a vertikálnym zakrivením svahu, t.j. tvarom reliéfu a relatívnou pozíciou na profile svahu. Tento posledný parameter považuje za podstatný: miesta, ktoré majú rovnaký sklon a zakrivenie, môžu mať veľmi rozdielnu hrúbku pôdy, spôsobenú ich rozličným postavením na svahu. Interpoláčny model môže byť implementovaný do prostredia GIS. Táto metóda môže byť tiež použitá v spojitosti s distribučnými hydrologickými a geomorfologickými modelmi (Catani et al. 2006).

Ďalším problémom týchto alternatívnych metód je pomerne nízka rozlišovacia úroveň cenovo prijateľných zdrojov informácií. Na zahustenie dát pre mikro, resp. mezoškálu možno využiť ďalšie, už terénne, ale tiež nedeštrukčné metódy, zväčša prebrané z iných vedných disciplín. Sú to napr. geofyzikálne metódy elektrická rezistivná tomografia (ERT) (Lehmann et al. 2006, Pellerina a Wannamakerb 2005), metóda GPR (Ground penetrating radar) (Dagallier et al. 2000), metóda VES (Vertikálne elektrické sondovanie) (Gregor 1992). Na zisťovanie intenzity pôdnej erózie využil Lazúr (2001) elektromagnetickú metódu Ground Conductivity Meter. Na určovanie objemovej vlhkosti pôdy sa používa nedeštrukčná metóda TDR (Time Domain Reflectometry) (Skieruchan a Malicki 2001, Pichler 2007). Spoločným princípom týchto metód je meranie odozvy pôdy na prechod určitého vlnenia či žiarenia pórovitým prostredím, z čoho následne môžu byť odvodené, resp. interpretované súvisiace skúmané pôdne vlastnosti.

Pôdna voda

Hoci vodný režim lesných pôd prebieha vo fyziologickom profile pôdy, prevažne v pásme prevzdušnenia, v nenasýtenej zóne aerácie (Tužinský 2004), na určenie celkovej hydrickej účinnosti stanovišťa je potrebné skúmať súvisiace procesy v komplexnej škále, spolu s hydrologickými procesmi materského substrátu, ktorým je v našom prípade sypká, nekompaktná svahovina. Stavba svahovín, ich hĺbka, ako aj zrnitosť a štruktúra jednotlivých vrstiev veľmi ovplyvňujú živinový a vodný režim pôdy (Šály 1986). Sternberg et al. (1996) skúmali vplyv zvetranej žulovej horniny, ktorá tvorila podklad plynkej pôde, na miestnu vegetáciu. Dospeli k záveru, že samotná pôda nie je v tomto prípade schopná poskytnúť dostatočné zásoby vody na udržanie jej existencie. Opomenutie sedimentárneho podkladu pôdy pri skúmaní rastového potenciálu drevín na danom stanovišti môže teda viesť k výraznému podceneniu schopností ekosystému.

Nepriepustná alebo málo priepustná vrstva pôdy (resp. jej sypkého substrátu) alebo kompaktné podložie, môže spôsobiť obmedzenie distribúcie vody, smerujúce ku vzniku zvodnenej vrstvy, t.j. zónu saturácie. Pokiaľ sa v nižších častiach svahu nachádza pľtšia pôda, resp. pokiaľ svahová voda narazí na terénne nerovnosti či zlomy, môže dochádzať k jej výstupu na pôdny povrch (Kirkby 1978). Stotožňujeme sa s názorom Kutílka (1978), že v prípade svahového odtoku, čo aj nasýteného, nejde ešte o odtok podzemnej vody, resp. spodný odtok v súvislej, dostatočne hrubej zvodnenej vrstve. Svahová a podzemná voda sú formami vody gravitačnej (Šály 1988).

Medzi pôdnym profilom a zvodneným horizontom prebieha výmena vody vplyvom režimu pôdnej vody a podzemnej, resp. svahovej vody. Tužinský (2004) uvádza tri prípady vzájomného

ovplyvňovania pôdnej a podzemnej vody v prírodných podmienkach. Je to napájanie podzemnej, resp. svahovej vody infiltráciou, dopĺňovanie pôdnej vody výstupom vlhky z hladiny podzemnej vody kapilárnymi silami a zmeny obsahu vody v dôsledku kolísania hladiny podzemnej vody. Gérard et al. (2004) pri modelovaní vplyvu zvodnenej vrstvy svahoviny v hĺbke 3 m na vlhkosť lesnej pôdy zistili, že významnou mierou prispieva ku vzniku preferovaného prúdenia, ktorým bola vzápätí ďalej dotovaná, čím vznikla pozitívna spätná väzba. Práve vertikálny priesak pôdou a laterálny odtok sú rozhodujúce pre dotáciu svahových vôd (Pichler 2007). Kapilárna obruba svahovej vody môže byť v prípade dostatočnej hrúbky disponibilného priestoru nespevneného substrátu významnou súčasťou vodnej bilancie pôdy v oblasti pre rastliny prístupnej vody.

MATERIÁL A METÓDY

Modelové územia

Javorie. Výskumná plocha Javorie leží na severnom svahu rovnomenného sopečného masívu v rámci lesných pozemkov, v časti medzi kótami Javorie a Homôlka v nadmorskej výške 920 – 960 m n. m (48° 26' 27" severnej zemepisnej šírky, 19° 16' 18" východnej zemepisnej dĺžky). Klimageograficky patrí lokalita do mierne chladného okrsku chladnej klimatickej oblasti s priemernou teplotou okolo 3,0°C a zrážkovým úhrnom 850 mm za rok. Pôdnym subtypom je kambizem andozemná s pôdnym profilom hlbokým 130 cm a s obsahom skeletu cca 30 %. Podľa morfogenetikkej klasifikácie je tvorená troma horizontami – Aua-Bvn-C, t. j. umbrický horizont Aua – tmavosfarbený povrchový humusový, sorpčne nasýtený, kambický andický horizont Bvn s náznakmi andických vlastností a substrátový horizont C. Pôda sa vyvinula z cca 3–5 m hlbkej andezitovej svahoviny na rovnomernom svahu so sklonom do 25 % a SSZ expozíciou. Túto lokalitu radíme do 4. lvs, pričom prevládajúcou skupinou lesných typov je *Fagetum typicum*, teda živné bučiny.

Vtáčnik (48° 37' 32" severnej zemepisnej šírky, 18° 38' 49" východnej zemepisnej dĺžky): výskumná plocha je situovaná severne od obce Kľak v nadmorskej výške 1130 m n. m. Oblasť patrí k studenému subtypu horskej klímy. Pôdnymi predstaviteľmi sú andozem modálna a kambizem andozemná, vytvorené zo svahoviny andezitu. Dôkazom toho, že pôdy tu vo všeobecnosti menej alebo vôbec nepresychajú je prítomnosť amorfného alofánu. Porasty vo veku 130–220 rokov patria do slt *Abieto-Fagetum* s nízkym podielom jedle do 10 %. Stredná výška porastu je 30 m. Výskumná plocha predstavuje zvyšok pralesa a nachádza sa v rovnomennej NPR Vtáčnik.

Charakteristika experimentu

Meranie hĺbky pôdy a svahovín elektrickou rezistivitnou tomografiou sa uskutočnilo dňa 3. októbra 2006 na popísaných lokalitách Javorie a Vtáčnik (obr. 1 a 2), s použitím automatického geoelektrického systému ARES (GF Instruments, s. r. o., Brno) na 46 m dlhých tranzektoch v smere po spádnicí.



Obr. 1. Výskumná plocha Homôlka, Javorie

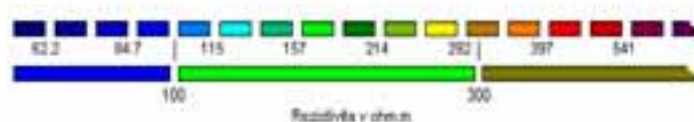


Obr. 2. Výskumná plocha Vtáčnik

Elektrická rezistivná tomografia (ERT) determinuje podpovrchovú distribúciu rezistivity (merného elektrického odporu) pomocou meraní na pôdnom povrchu. Z týchto meraní môže byť následne odvodená pomocou inverzného softvéru pravá – skutočná rezistivita. Merný odpor pôdy závisí od mnohých faktorov, z ktorých najdôležitejšie sú: momentálna vlhkosť pôdy, zrnitosť (najmä skeletnatosť), pórovitosť, koncentrácia pôdneho roztoku, teplota, tlak atď. Merania pôdnej rezistivity sme spracovali formou rezov a následne sme ich interpretovali a kalibrovali z pohľadu výskytu zvolených fenoménov porovnaním s výsledkami z literatúry a z iných metód merania (TDR, terénne zisťovanie v pôdnych sondách). Do jednotlivých meraní bola samostatne vložená topografia.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

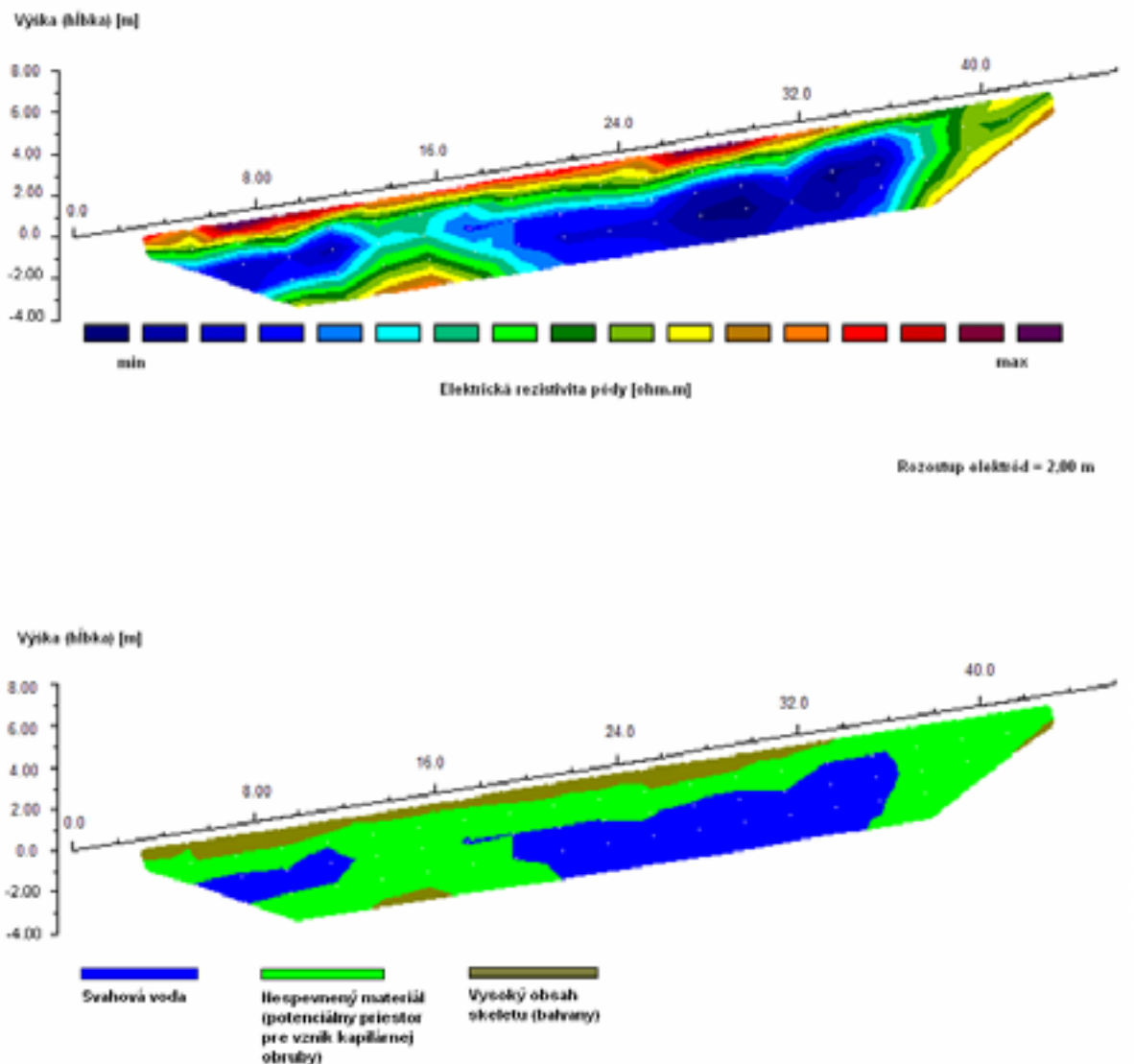
Na obr. 3 vidíme porovnanie pôvodnej RGB škály farebného zobrazenia rezistivity pôdy v logaritmickom vyjadrení a modifikovanú, nami vytvorenú novú škálu pôdneho odporu. Pôvodná škála, preddefinovaná v programe RES2DINV, je tvorená 16 odtiegmi, vytvorenými kombináciou troch základných farieb R (red) – červená, G (green) – zelená a B (blue) – modrá.



Obr. 3. Ukážka zmeny rozsahu farebnej škály vyjadrujúcej elektrickú rezistivitu pôdy

Nami zvolená a vytvorená nová škála pôdnej rezistivity má presne definované tri kategórie sledovanej veličiny. Do prvej kategórie, ktorú sme klasifikovali ako zvodnenú vrstvu svahoviny (modrá farba), sme v meraniach z lokality Javorie zaradili materiál s hodnotou merného elektrického odporu od 10 do 100 Ω .m. Tieto hodnoty sme určili na základe literatúry (Loke 2004), pričom prezencia zvodnenej vrstvy bola dokázaná terénnym výskumom vo vykopanej pôdnej sonde. Druhá kategória sa vzťahuje na rozsah rezistivity od 100 do 300 Ω .m a bola charakterizovaná ako kapilárna obruba svahovej vody (zelená farba). Určili sme ju empiricky, na základe meraní vlhkosti metódou TDR na týchto výskumných plochách v poslednej tretine

vegetačného obdobia, podľa práce Pichlera (2007). V hĺbke 80–90 cm bola zistená zvýšená objemová vlhkosť pôdy, spôsobená kapilárnym zdvihom. Tretiu kategóriu, t. j. zónu so zvýšeným obsahom skeletu, sme zaradili v rezistívnej škále do oblasti merného odporu nad 300 $\Omega \cdot m$ (žltohnedá farba).

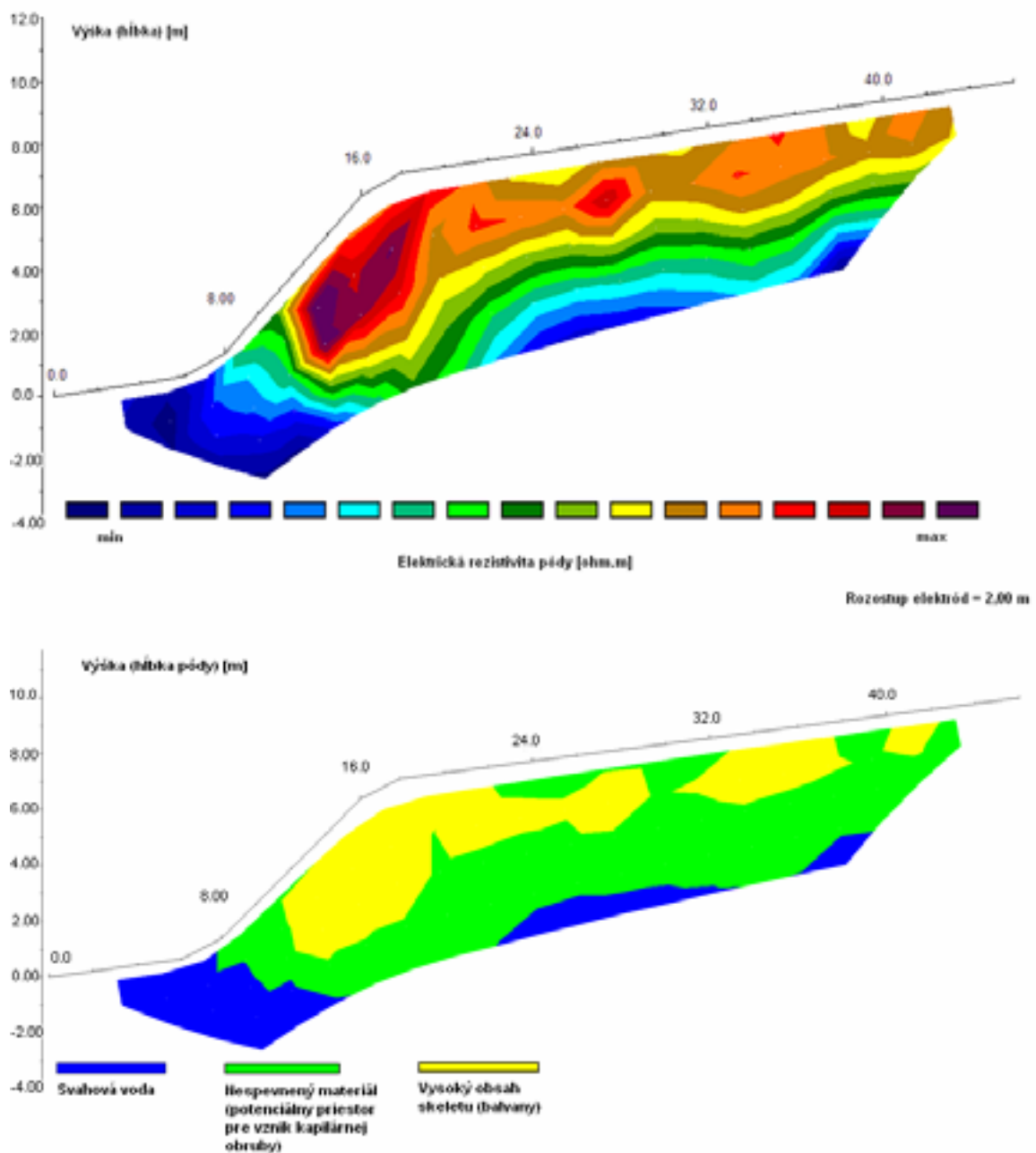


Obr. 4. Pôvodné a preškálované zobrazenie rezistívneho profilu pôdy na lokalite Javorie

Metóda ERT prispela na lokalite Javorie k objasneniu zvýšenia zásoby pôdnej vody v období, ktorému nepredchádzali významnejšie zrážky (Pichler 2007). Tento jav bol spôsobený nárastom objemovej vlhkosti v spodnej časti pôdneho profilu, kam vystúpila kapilárna obruba zvodnenej vrstvy svahoviny. Pre kapilárny zdvih bola v tomto prípade odvodená rýchlosť asi $0,11 \text{ cm h}^{-1}$, takže obruba dosiahla pôdnu hĺbku 100 cm od hladiny zvodnenej vrstvy v hĺbke 180 cm za zhruba 30 dní, čo korešpondovalo s výpočtami Lu a Likosa (2004) pre rovnaký pôdny druh.

Zaujímavým poznatkom, ktorý možno pozorovať na obr. 4, je oblasť zvýšeného merného elektrického odporu v ľavej spodnej časti profilu. Keďže naše meranie bolo limitované maximálnym hĺbkovým dosahom prístroja, nemohli sme z nameraných údajov interpretovať rozhranie svahoviny a podložnej kompaktnej horniny. Práve táto oblasť zvýšeného merného elektrického odporu, o ktorej možno podľa tendencie jej rastu predpokladať, že sa bude s hĺbkou zvyšovať, nám môže indikovať vystupujúcu podložnú kompaktnú horninu, t. j. oblasť s vysokým merným elektrickým odporom pôdy. Vzhľadom k tomu, že v spodnej časti profilov sa nachádza prevažne oblasť s nízkym merným odporom zeme, ktorú sme interpretovali ako zvodnenú vrstvu

svahoviny, resp. jej kapilárnu obrubu, usudzujeme na prezenciu sypkého materiálu svahovinových súvrství v celej škále rozsahu našich meraní. Jasnejšie rozhranie je možné určiť jedine pre tzv. krycie súvrstvie svahovín, ktoré sme zistili v hornej časti profilov, interpretáciou oblasti so zvýšeným merným odporom pôdy na rezistivných rezoch a tiež terénnou obhliadkou – na zvolených tranzektoch sme pozorovali výskyt elipsoidných útvarov a zhlukov skeletu v povrchových častiach a tesne pod povrchom, t. j. elektrický odpor nám v tomto prípade indikuje zmenené zrnitostné zloženie pôdy. Rozhranie pôdy a podložnej sypkej materskej horniny nebolo z nameraných údajov interpretovateľné, pretože pôdna voda pôsobí v tomto prípade ako homogenizačný faktor na objekt merania, t. j. na merný odpor pôdy a príľahlej svahoviny. S vysokou pravdepodobnosťou však možno predpokladať, že celková, t. j. totálna hrúbka pôdneho a svahovinového krytu je na danom stanovišti minimálne 4,5 m a viac, pričom treba zdôrazniť, že na plnení regulačných funkcií pôd sa v tomto prípade podieľa celý pôdno-zvetralinový plášť.



Obr. 5. Pôvodné a preškálované zobrazenie rezistivného profilu pôdy na lokalite Vtáčnik

Na lokalite Vtáčnik (obr.5) nastal určitý posun hodnôt merného odporu oproti meraniam vykonaným na Javorí, ktorý bol zrejme spôsobený jednak vplyvom inej topografie lokality, a tiež prítomnosťou materiálu s extrémne vysokým merným elektrickým odporom v hornej časti profilu v rámci terénneho zlomu (veľké balvany). Prechodom elektrického prúdu cez takéto prostredie môže byť výsledný obraz pôdnej rezistivity modifikovaný (Loke 2004). V spodnej časti profilu (modrá farba) sa nachádza pramenisko, t. j. v tejto časti pod terénnym zlomom vystupuje svahová voda až k pôdnemu povrchu, čím vytvára zamokrenú zónu. V rovnomernejšej časti profilu nad terénnym zlomom bola vykopaná pôdna sonda (cca na 25. metri dĺžky merania), pričom v hĺbke 200 cm sa ešte nachádzal sypký materiál bazálneho sledu, schopný viesť vodu a podieľať sa na vodnom režime pôdy prostredníctvom kapilárneho zdvihu z nižších vrstiev. Modrá farba v spodnej časti profilu na tomto mieste zrejme indikuje prezenciu, resp. blízkosť hladiny svahovej vody, ktorá má pravdepodobne súvis so spomenutým prameniskom pod terénnym zlomom.

Širší pohľad na pôdne prostredie nám pomáha pri odkrývaní súvislostí napr. medzi zásobami pôdnej vody a faktormi prostredia akými sú hĺbka pôdy či geomorfologické charakteristiky stanovišťa – dĺžka svahu, relatívna poloha na svahu, tvar reliéfu, expozícia, sklon, atď. Whipkey a Kirkby (1978) uvádzajú, že výška zvodnenej vrstvy na svahu rastie v smere po spádnici nadol. V našom prípade bola vzdialenosť meraných profilov od temena svahu cca 200–300 m, pričom zásoba svahovej vody bola dostatočne veľká na to, aby ovplyvňovala vodný režim pôdy na Javorí; terénny zlom na Vtáčniku spôsobil až jej prienik na povrch pôdy. Poloha na svahu môže byť teda dôležitým poznatkom z hľadiska pôdnej hydrológie. Podobne, čo sa týka nadmorskej výšky, pôdy vo vyšších polohách sú v mnohých prípadoch hlbšie ako nižšie položené pôdy, pretože sú tu hlbšie aj vrstvy svahovín, čo súvisí s ich zložitým vývojom počas pleistocénu. Najmohutnejšie vrstvy svahovín nachádzame v nadmorských výškach 700–1300 m n. m., smerom nadol i nahor hĺbka klesá. Toto je nesporne dôležité aj v hydrológií územia, lebo zeminy vyšších polôh fungujú vo vodnej bilancii územia ako zásobárne vody. Pri väčšej hrúbke zemín sa uplatňuje ich väčšia vododržná kapacita (Šály 1986).

Z pohľadu expozície nachádzame v horských polohách hlbšie pôdy na severných svahoch, pretože v období pleistocénu tieto pôdy v dôsledku chladu menej rozmrzali, a teda sa aj menej soliflukčne posúvali. V našom prípade môže byť veľká hrúbka svahovín dôkazom vyššie uvedených skutočností: lokality Vtáčnik a Javorie sa nachádzajú v nadmorskej výške 920–960, resp. 1130 m n. m.; lokalita Javorie bola situovaná na severnom svahu.

ZÁVER

Pri prieskume fyzikálnych vlastností pôdy môžeme prostredníctvom využitia nedeštruktívnych metód získať širší rámcový pohľad na skúmané javy, ktorý môže byť nápomocný aj pri precíznom hospodárení. Využitie geofyzikálnej metódy elektrickej rezistívnej tomografie v pôdno-hydrologickom prieskume nám – za predpokladu adekvátnej interpretácie nameraných údajov – upravuje merítka skúmaných hydrických procesov, resp. umožňuje vnímať pôdu v kontexte stanovištných charakteristík. Prispieva k objasneniu vzťahov medzi príjmovými a výdajovými zložkami vodnej bilancie pôdy a jej materského substrátu. So vzrastajúcou vlhkosťou pôdy a svahoviny sa znižuje merný elektrický odpor tohto prostredia. Tento predpoklad možno využiť na identifikáciu, a následne i kvantifikáciu takých fenoménov, akými sú zvodnená vrstva svahoviny a jej kapilárna obruba. Pôdna voda homogenizuje systém pôda–svahovina, teda „zmýva“ rezistívne rozhrania jednotlivých morfogenetických horizontov a súvrství svahovín. Na druhej strane nám však súčasne dokazuje úzku prepojenosť, resp. integritu skúmaného prostredia z pohľadu plnenia funkcií našich pôd. Priestorový rozsah meraní touto metódou závisí od technických možností, konkrétne od dĺžky multikábla meracej aparatúry. Pri dostatočne veľkej dĺžke merania by bolo možné sledovať vlastnosti pôdno-zvetralinového plášťa na rádovo vyššej priestorovej úrovni (desiatky až stovky metrov) a následne ich prepojiť s údajmi z DTM.

LITERATÚRA

- BOER, M., DEL BARRIO, G., PUIGDEFÁBRES, J. 1996. Mapping soil depth classes in dry Mediterranean areas using terrain attributes derived from a digital elevation model. *Geoderma*, 72, 99–118.
- CATANI, F., SEGONI, S., FALORNI, G. 2006. A soil depth prediction scheme or geomorphologic and hydrologic distributed modeling. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 8, 09405.
- COSENZA, P., MARMET, E., REJIBA, F., CUI, Y. J., TABBAGH, A., CHARLERY, Y. 2006. Correlations between geotechnical and electrical data: A case study at Garchy in France. *Journal of Applied Geophysics*, Abstract.
- DAGALLIER, G., LAITINEN, A. I., MALARTRE, F., VAN CAMPENHOUT I. P.A.M., VEEKEN, P. C. H. 2000. Ground penetrating radar application in a shallow marine Oxfordian limestone sequence located on the eastern flank of the Paris Basin, NE France. *Sedimentary Geology*, 130, 149–165.
- GÉRARD F., TINSLEY M., MAYER K. U. 2004. Preferential flow revealed by hydrologic modeling based on predicted hydraulic properties. *Soil Science Society of America Journal* 68, 1526–1538.
- GREGOR, J. 1992. Vlhkosť pôdy v bučine v závislosti od reliéfu a zakmenenia. Kandidátska dizertačná práca. TU, Zvolen. 104 s.
- KIRKBY, M. J. 1978. *Hillslope Hydrology*. John Wiley & Sons, Chichester, 512 p.
- KUTÍLEK, M. 1978. *Vodohospodárska pedológia*. SNTL-Alfa, Praha-Bratislava, 296 s.
- LAZÚR, R. 2001. Soil erosion caused by tillage. *Proceedings of the Trilateral Co-operation meeting on Physical Soil Degradation*, VÚPOP, Bratislava, p. 49–57
- LEHMANN, P., HINZ, CH., MCGRATH, G., TROMP-VAN MEERVELD, H. D., MCDONNELL, J. J. 2006. Rainfall threshold for hillslope outflow: an emergent property of flow pathway connectivity. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 3, 2923–2961.
- LOKE, M. H. 2004. Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys. [www. geoelectrical.com](http://www.geoelectrical.com), 128 p.
- LU, N., LIKOS, W. J. 2004. Rate of Capillary Rise in Soil. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 130, 646–650.
- PELLERINA, L., WANNAMAKERB, P. E. 2005. Multi-dimensional electromagnetic modeling and inversion with application to near-surface earth investigations. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46, 71–102.
- PICHLER, V. 2007. Denzita bukových porastov ako nástroj regulácie hydrických a environmentálnych funkcií pôd. TU, Zvolen, 50 s.
- SKIERUCHA, W., MALICKI, M. A. 2001. Moisture of porous materials determined by reflectometric method. *Acta Agrophysica*, 57, 83–91.
- STERNBERG, P.D., ANDERSON, M.A., GRAHAM, R.C., BEYERS, J.L., TICE, K.R. 1996. Root distribution and seasonal water status in weathered granitic bedrock under chaparral. *Geoderma* 72: 89–98.
- ŠÁLY, R. 1986. *Svahoviny a pôdy Západných Karpát*, Veda, Bratislava, 200 s.
- ŠÁLY, R. 1988. *Pedológia a mikrobiológia*. Zvolen: Edičné stredisko Vysokej školy lesníckej a drevárskej, 378 s.
- TUŽINSKÝ, L. 2004. *Vodný režim lesných pôd*. TU, Zvolen, 101 s.
- WHIPKEY, R. Z., KIRKBY, M. J. 1978. Flow within the Soil. *In: Hillslope Hydrology*. John Wiley & Sons, Chichester, 121–144.

VEGETAČNÝ INDEX NDVI AKO INDIKÁTOR DETAILNEJ PRIESTOROVEJ VARIABILITY PÔDNYCH A PRODUKČNÝCH VLASTNOSTÍ KRAJINY

Martina Nováková¹, Ján Halas², Peter Scholtz³

¹Výskumný ústav pôdoznavectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, e-mail: novakova@vupu.sk

²Výskumný ústav pôdoznavectva a ochrany pôdy, Raymanova 1, 080 01 Prešov

³Kybernetika, s.r.o., Košice, Orgovánová 4, 040 11 Košice

Abstrakt: vegetačný index ndvi ako indikátor detailnej priestorovej variability pôdnych a produkčných vlastností krajiny.

Vzhľadom na všeobecne narastajúcu požiadavku na kvantifikované údaje o vlastnostiach krajiny (vrátane potrieb presného poľnohospodárstva), podporenú snahou o redukciiu objemu časovo náročných terénnych a laboratórnych metód, sa do popredia dostávajú nedeštruktívne metódy výskumu krajiny – predovšetkým metódy diaľkového prieskumu Zeme (DPZ). Cieľom príspevku bolo na príklade modelovej parcely Žihárec 0001/1 (podľa registra pôd LPIS) s porastom pšenice letnej formy ozimnej v poľnohospodárskych sezónach 2004/2005 a 2005/2006: a) štatisticky analyzovať vzťahy medzi vegetačným indexom NDVI, interpretovaným k viacerým časovým horizontom a vybranými vlastnosťami krajiny a b) analyzovať podmienky – kedy a do akej miery je možné považovať vegetačný index NDVI za indikátor priestorovej variability pôdnych a produkčných vlastností krajiny. Výsledky analýz potvrdili existenciu medziročnej a sezónnej variability (priestorovú homogenitu, resp. heterogenitu) vegetačného indexu NDVI, medziročnú a výraznú sezónnu variabilitu priestorovo – funkčných vzťahov medzi NDVI a pôdnymi a produkčnými vlastnosťami krajiny, pričom poukázali na podmienky (relatívne suchá poľnohospodárska sezóna 2004/2005 v analyzovanom období), kedy boli dosiahnuté najvyššie korelácie a koeficienty determinácie medzi NDVI a pôdnymi a produkčnými vlastnosťami krajiny, t.j. podmienky, pri ktorých je možné uvažovať o vegetačnom indexe NDVI ako významnom indikátore pôdnych a produkčných vlastností minimálne v daných pôdno-klimatických podmienkach pri pestovaní pšenice ozimnej.

Kľúčové slová: detailná priestorová variabilita, vegetačný index NDVI, štatistická analýza, presné poľnohospodárstvo

ABSTRACT: NDVI vegetation index as indicator of within-field variability related to selected soil and production properties.

There is a general trend of increasing requirements on quantified landscape data application in different sectors (including precision farming). This requirement is supported with an effort to reduce time consuming methods of landscape data collection, for example field measurements or laboratory analyses. Therefore, non-destructive methods (mainly remote sensing methods) are going to be most progressive ones to be applied in landscape research. The aim of the paper was i) analyze NDVI vegetation index as an indicator of within-field variability in relation to soil and landscape properties to (through statistical analyses) and ii) to analyze conditions when/how/why NDVI fit within-field variability of soil properties, as well crop production within-field variability at the pilot area Žihárec 0001/1 with grown winter wheat during two vegetation season in 2004/2005 and 2005/2006. The results of analyzes pointed out the differences in character of NDVI spatial variability (spatial homogeneity and heterogeneity) observed between two years and during two vegetation seasons. As well, the variability of spatial and functional relations between NDVI, soil properties and winter wheat production in analysed periods was occurred. In the conditions of pilot area, rainfall (the amount and distribution) was identified as a main factor which control the degree of correlations between NDVI, soil properties and winter wheat production and which defines the position of NDVI as significant indicator of within-field variability in relation to soil properties and winter wheat production.

Keywords: within-field variability, vegetation index NDVI, indicator, statistical analyses, precision farming

ÚVOD

Systém presného poľnohospodárstva, t.j. priestorovo variabilného hospodárenia na pôde, vychádza z existencie a poznania detailnej priestorovej variability pôdných a iných environmentálnych vlastností v rámci jednotlivých parciel poľnohospodárskej pôdy ako aj ich parciálnych častí (Blackmore a Larscheid 1997, Scholtz a iní 2006; Sviček a Nováková 2006). Lokálna (vnútrohonová) variabilita vlastností prostredia, sa vo výraznej miere odráža v nerovnomernom vývoji porastov jednotlivých poľnohospodárskych plodín a prejavuje sa ako vo variabilite tvorby biomasy a s ňou súvisiacej priestorovej variability úrody, tak aj vo variabilite kvality úrody (Scholtz a iní 2007).

S implementáciu myšlienok presného poľnohospodárstva do praxe, smerujúcej k podporení, resp. dosiahnutiu ekonomického a ekologického prínosu (National Research Council 1997, u nás Halas a iní 2008), úzko súvisí problém finančnej náročnosti, podmienenej vysokými investičnými vstupmi do vybavenia poľnohospodárskeho subjektu. Analýza detailnej priestorovej variability vybraných vlastností, často krát podmienených prejavmi diferencovanej produkčnej schopnosti pôdy, predstavuje preto prvý krok k analýze vhodnosti lokality pre uplatnenie technológie presného poľnohospodárstva. Samotný prechod k zavedeniu systému presného poľnohospodárstva následne vyžaduje aj podrobnú analýzu pôdných a ostatných environmentálnych podmienok.

Vzhľadom na všeobecne narastajúcu požiadavku na kvantifikované údaje o vlastnostiach krajiny (a to nielen pre potreby presného poľnohospodárstva), podporenú snahou o redukciiu objemu časovo náročných terénnych a laboratórných metód, sa do popredia dostávajú nedeštruktívne metódy výskumu krajiny – predovšetkým metódy diaľkového prieskumu Zeme (DPZ). Výsledky množstva realizovaných výskumov však poukázali na jednej strane na problém (obmedzenie) využívania metód DPZ pre kvantifikáciu a predikciu pôdných vlastností, na strane druhej však potvrdili prínos pri analýze a kvantifikácii vývoja biomasy a produkčnej schopnosti pôdy (Jensen 2007).

Z indexov, odvodených na základe interpretácie satelitných obrazových záznamov, je relatívne najviac využívaným vegetačný index NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*; Rouse a iní 1974). Vegetačný index NDVI vychádza z pomeru medzi rozdielom a sumou rastlinou odrazeného blízkeho infračerveného (od 0,7 do 1,1 μm ; NIR) a rastlinou absorbovaného žiarenia vo viditeľnej časti slnečného žiarenia (od 0,4 do 0,7 μm ; RED). Hodnota NDVI indikuje fotosyntetickú aktivitu, a teda stav a vitalitu vegetácie (zelenej hmoty). Charakter vegetačného indexu predurčuje jeho využitie nielen pre indikáciu vývoja, aktuálneho stavu vegetácie, či predikciu produkcie poľnohospodárskych plodín (Royer a Genovese 2004, Scholtz 2003, Scholtz a Nováková 2004), ale sprostredkované (práve prostredníctvom stavu biomasy) môže predstavovať aj indikátor pôdných vlastností analyzovaného prostredia.

Cieľom predkladaného príspevku bolo na príklade modelovej parcely, v dvoch poľnohospodárskych sezónach (2004/2005 a 2005/2006) s porastom pšenice ozimnej a) štatisticky analyzovať a zhodnotiť vzťahy medzi vegetačným indexom NDVI a vybranými vlastnosťami krajiny a b) sledovať a analyzovať podmienky „prejavu“ vegetačného indexu NDVI ako indikátora priestorovej variability pôdných a produkčných vlastností krajiny.

MATERIÁL A METÓDY

Modelová parcela

Poľnohospodársky subjekt Agrodívizia Selice, s.r.o., na území ktorého sa nachádza modelová parcela, hospodári v jednej z najproduktívnejších poľnohospodárskych oblastí SR. Hospodársky obvod poľnohospodárskeho subjektu je lokalizovaný na Podunajskej nížine, konkrétne na ľavom brehu Váhu, juhovýchodne od mesta Šaľa. Územie patrí do najteplejšej a veľmi suchej klimatickej oblasti (s priemernou ročnou teplotou približne 10°C a priemerným ročným úhrnom zrážok okolo 550 mm). Dominantným faktorom ovplyvňujúcim pôdne pomery územia (prevládajúcim pôdnym typom sú fluvizeme a čiernice) je poloha Selíc na fluvialnom reliéfe Váhu. Územie leží prakticky na rovine, avšak

lokálne má značne diferencovaný mikroreliéf (výškové rozdiely predstavujú 1 až 3 m). Experiment bol realizovaný na parcele Žihárec 0001/1 (podľa evidencie LPIS, obr.1) s výmerou 131, 2 ha.

Charakteristika experimentu – vstupné údaje

Niektoré vybrané priestorové údaje, relevantné z hľadiska definovaného cieľa príspevku boli merané a poskytnuté poľnohospodárskym subjektom Agrodivízia Selice, s.r.o. Ide o:

- údaje o *úrode pšenice ozimnej*, ktoré boli kontinuálne zaznamenávané mapovacím zariadením (úrodový a vlhkostný senzor a GPS) nainštalovaným na kombajnoch počas zberu v oboch analyzovaných poľnohospodárskych sezónach;
- údaje o *obsahu rastlinám prijateľných živín (P, K, Mg, Ca) a pH*, pričom pôdne vzorky na ich stanovenie boli odobraté v hĺbke 0 - 0,30 m; hustota sondáže bola 1 priemerná vzorka (zložená z 30 čiastkových vpichov) na 5,96 ha; odber bol realizovaný hydraulickým vzorkovačom pripojeným za traktorom;
- údaje o *elektrickej vodivosti pôdy (EC)*, namerané koncom vegetačnej sezóny (október) v roku 2004 v hĺbke 0,30 m a 0,90 m kontaktným systémom VERIS.



Obr. 1. Lokalizácia modelovej parcely Žihárec 0001/1 (podľa evidencie LPIS)

Ďalšie priestorové údaje, reprezentujúce modelovú parcelu, boli merané a spracované v rámci činností VÚPOP:

- *zrinitosť pôdy*, resp. obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (F1 = častice s veľkosťou 0,25 - 2,0mm, F2= 0,25-0,05mm, F3 = 0,05 - 0,01mm, F4 = 0,01 – 0,001mm, F5 - <0,001mm) bola stanovená v dvoch hĺbkových horizontoch (H1 zodpovedá hĺbke 0,05 až 0,15 m a H2 hĺbke 0,35 až 0,45 m) v 86 odberových miestach definovaných na základe vyčlenených zón elektrickej vodivosti pôdy;
- *mechanický odpor pôdy* bol meraný v rovnakej sieti s 10-násobným opakovaním (penetrologger firmy Eijkelkalmp) do hĺbky 0,60 m s digitálnou registráciou odporu v 1cm krokoch; namerané hodnoty odporu pôdy boli následne korigované na štandardnú vlhkosť;
- *vlhkosť pôdy* v hĺbke 0,05-0,15 m, 0,20-0,30 m, 0,35-0,45 m a 0,50-0,60 m bola stanovená gravimetricky; vzorky boli odobraté z 86 odberových miest (v rovnakej sieti ako zrinitosť pôdy a mechanický odpor pôdy), čo predstavuje hustotu sondáže 1 vzorka na 1,52 ha;
- *obsah organického uhlíka* v pôde (C_{ox}) v hĺbke 0-0,20 m bol stanovený v 89 definovaných odberových miestach v pravidelnej trojuholníkovej sieti so stranou 131,5 m, čo predstavuje hustotu sondáže 1 vzorka na 1,47 ha.

Laboratórne analýzy odobratých vzoriek pôdy boli vykonané podľa platných metodík VÚPOP. Pri všetkých odberových miestach bola zameraná ich presná lokalizácia (GPS - Omnistar, so sub-metrovou presnosťou).

Všetky experimentálne namerané a laboratórne stanovené údaje (s bodovou priestorovou reprezentáciou) boli následne spracované prostredníctvom štatistických a geoštatistických metód (základná štatistika, metódy priestorovej interpolácie – metódy spline, kriging), priestorovo interpolované v prostredí Geostatistical Analyst™ (Jonhston a iní 2001), prípadne metódami zonálnej štatistiky Spatial Analyst™ (McCoy a Johnston 2001) a priestorovo reprezentované prostredníctvom gridovej siete s priestorovým rozlíšením 5x5m.

K dispozícii bol digitálny model reliéfu (DTM), na základe ktorého boli odvodené vybrané morfometrické parametre (sklon, spádnicová a normálová krivosť – KR_S a KR_H, celková krivosť – KR_C, topografický vlhkosťný index - TWI), a to prostredníctvom nástrojov DEMAT pre ArcGIS™ (Behrens 2000) a TOPOCROP pre ArcGIS™ (Schmidt 2002).

Vegetačný index NDVI bol odvodený zo satelitných obrazových záznamov, zaznamenaných satelitnými systémami Landsat, SPOT a IRS (s priestorovým rozlíšením 5m a 10m) vo viacerých časových horizontoch (k 02.04.2005, 20.05.2005 a k 18.06.2005; resp. k 20.03.2006, 21.4.2006, 25.4.2006, 18.5.2006 a k 10.7.2006) v prostredí softvéru ERDAS.

Charakteristika experimentu - štatistická analýza

Pre analýzu priestorovo – funkčných vzťahov v rámci modelovej parcely, zameranej na hodnotenie miery závislosti medzi NDVI a vybranými pôdnymi a produkčnými vlastnosťami (korelačný koreficient, r) a stanovenie miery, akou sa NDVI podieľa na vysvetlení variability vybraných pôdných a produkčných vlastností (koeficient determinácie; R^2) bola vytvorená geografická databáza v bodoch odberu pôdných vzoriek pre stanovenie obsahu jednotlivých zrnitostných frakcií (86 bodov). Pripravená bola aplikáciou špeciálneho prípadu zonálnej štatistiky – preberania údajov do definovaných bodov (Hawth's Analyses Tools pre ArcGIS™). Pre samotné stanovenie hodnôt koeficientov korelácie a determinácie boli aplikované metódy korelačnej a regresnej analýzy v prostredí štatistického softvéru (STATISTICA 6.0). Následne boli výsledky štatistických analýz (vybrané s dôrazom na významnosť vzájomnej väzby) prezentované a interpretované graficky, pričom pozornosť bola venovaná predovšetkým vzťahom medzi vegetačným indexom NDVI a pôdnymi vlastnosťami, či produkčnou schopnosťou pôdy.

Pri analýze priestorovo – funkčných vzťahov v rámci modelovej parcely bola realizovaná aj analýza rozdielnych meteorologických podmienok dvoch poľnohospodárskych sezón 2004/2005 a 2005/2006, zameraná na hodnotenie konkrétnej sezóny z hľadiska zaznamenaného kumulatívneho úhrnu zrážok, resp. jeho vzťahu k dlhodobému priemernému kumulatívne úhrnu zrážok. Pri analýze boli použité údaje z najbližšej meteorologickej stanice Žihárec (poskytnuté Slovenským hydrometeorologickým ústavom).

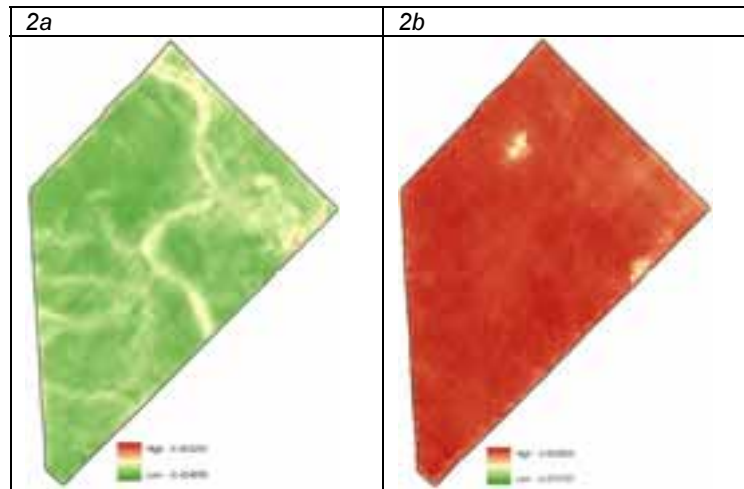
VÝSLEDKY

Priestorová variabilita vegetačného indexu NDVI a vybraných vlastností krajiny v poľnohospodárskej sezóne 2004/2005 a 2005/2006

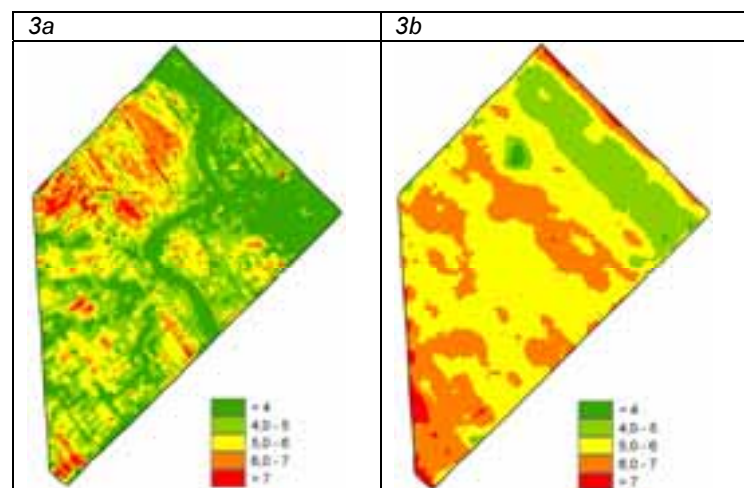
Už predbežná, vizuálna analýza priestorovo reprezentovaného vegetačného indexu NDVI (k termínom 18.6.2005 a 18.5.2006) na modelovej parcele Žihárec 0001/1 poukázala na *rozdielny prejav priestorovej variability sledovaného indexu v čase - medziročnú priestorovú variabilitu NDVI* (obr. 2).

Pokiaľ v roku 2006 bola zaznamenaná *priestorová homogenita* hodnôt NDVI v rámci modelovej parcely (obr. 2b), odrážajúca vyrovnaný porast v máji a zodpovedajúca relatívne vyrovnanej úrode pšenice ozimnej v poľnohospodárskej sezóne 2005/2006 (obr. 3b); pre rok 2005, naopak, bola charakteristická výrazná *priestorová heterogenita* hodnôt NDVI v rámci modelovej parcely, ktorá odrážala priestorovú variabilitu porastu v júni 2005 (obr. 2a) a ktorá už vopred

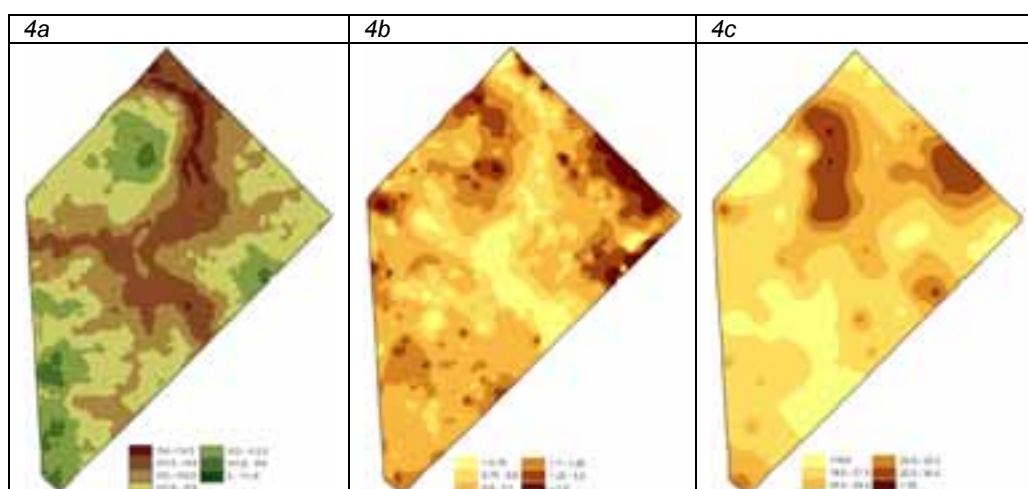
indikovala priestorovú variabilitu dosiahnutej úrody pšenice ozimnej v poľnohospodárskej sezóne 2004/2005 (obr. 3a).



Obr. 2. Hodnoty a priestorová variabilita vegetačného indexu NDVI k 18.6.2005 (2a) a k 18.5.2006 (2b)



Obr. 3. Hodnoty ($t \cdot ha^{-1}$) a priestorová variabilita úrody pšenice ozimnej v roku 2005 (3a) a v roku 2006 (3b)



Obr. 4. Priestorová variabilita nadmorských výšok – DTM (m.n.m.) (4a), elektrickej vodivosti pôdy relativizovanej v 0,90 m (4b) a obsahu zrnitostnej frakcie F4 (%) v hĺbke 0,05 – 0,15 m (4c)

Na druhej strane, priestorová reprezentácia vybraných vlastností krajiny v rámci modelovej parcely potvrdila existenciu a to viac, či menej výraznú „vizuálnu podobnosť“ prejavu ich priestorovej variability s prejavom priestorovej variability indexu NDVI, avšak len v roku 2005 (ukážka - DTM, obr.3a; elektrická vodivosť pôdy v hĺbke 0,90m, obr. 3b; obsah zrnitostnej frakcie F4 v hĺbke 0,05 až 0,15m, obr. 3c). Táto podobnosť, či naopak rozdielnosť prejavu priestorovej variability v sledovaných poľnohospodárskych sezónach jednoznačne indikuje zmenu priestorových a funkčných vzťahov počas sledovaného obdobia.

Miery závislosti NDVI a vybraných vlastností krajiny v poľnohospodárskej sezóne 2004/2005 a 2005/2006

Výsledky korelačnej analýzy a „rekonštrukcia“ priestorovo-funkčných vzťahov v rámci modelovej parcely Žihárec s pestovanou pšenicou ozimnou v dvoch poľnohospodárskych sezónach 2004/2005 a 2005/2006 štatisticky potvrdili *medziročnú variabilitu vzájomných väzieb* (miery závislosti, korelácií) vegetačného indexu NDVI a sledovaných pôdnych, iných environmentálnych a produkčných vlastností krajiny (tab. 1 a 2).

Tab. 1. Štatistické hodnotenie (korelačné koeficienty; r) medzi NDVI a vybranými pôdnymi vlastnosťami, nadmorskou výškou a úrodou na parcele LPIS Žihárec 0001/1 v roku 2005.

	NDVI 2.4.2005	NDVI 20.5.2005	NDVI 18.6.2005		NDVI 2.4.2005	NDVI 20.5.2005	NDVI 18.6.2005
vlastnosť	r	r	r	vlastnosť	r	r	r
F1H1	0,03	-0,11	-0,18	C _{ox}	-0,48	-0,14	0,19
F2H1	0,29	0,02	-0,29	Ca	-0,15	-0,27	-0,10
F3H1	0,32	0,11	-0,05	Mg	-0,66	-0,11	0,10
F4H1	-0,51	-0,10	0,31	K	0,66	0,20	0,12
F5H1	-0,43	-0,03	0,37	P	0,70	0,25	0,24
F1H2	0,06	-0,06	-0,13	pH	0,47	0,03	-0,07
F2H2	0,34	-0,01	-0,23	DTM	-0,14	-0,15	-0,55
F3H2	0,14	0,15	-0,09	úroda	0,19	0,26	0,82
F4H2	-0,42	-0,08	0,30				
F5H2	-0,40	-0,06	0,34				

Pozn.: vzťahy signifikantné na hladine významnosti $p < 0,05$ pri $r \geq 0,22$.

Tab. 2. Štatistické hodnotenie (korelačné koeficienty; r) medzi NDVI a vybranými pôdnymi vlastnosťami, nadmorskou výškou a úrodou na parcele LPIS Žihárec 0001/1 v roku 2006.

	NDVI 21.4.2006	NDVI 18.5.2006	NDVI 10.7.2006		NDVI 21.4.2006	NDVI 18.5.2006	NDVI 10.7.2006
vlastnosť	r	r	r	vlastnosť	r	r	r
F1H1	-0,10	-0,24	-0,10	C _{ox}	-0,10	-0,24	-0,10
F2H1	0,33	0,22	-0,25	Ca	0,33	0,22	-0,25
F3H1	0,30	0,33	-0,04	Mg	0,30	0,33	-0,04
F4H1	-0,47	-0,30	0,16	K	-0,47	-0,30	0,16
F5H1	-0,41	-0,34	0,35	P	-0,41	-0,34	0,35
F1H2	-0,07	-0,22	-0,17	PH	-0,07	-0,22	-0,17
F2H2	0,34	0,20	-0,21	DTM	0,13	0,19	-0,47
F3H2	0,23	0,34	-0,14	úroda	0,36	0,48	0,23
F4H2	-0,49	-0,37	0,36				
F5H2	-0,32	-0,22	0,34				

Pozn.: vzťahy signifikantné na hladine významnosti $p < 0,05$ pri $r \geq 0,22$.

V roku 2005 boli zaznamenané významné korelácie (miery závislosti) medzi hodnotami NDVI (bez konkretizácie termínu, ku ktorému bol vegetačný index NDVI interpretovaný) a:

- dosiahnutou úrodou pšenice ozimnej (korelačný koeficient 0,82 verzus maximálne 0,48 v roku 2006);
- nadmorskou výškou (korelačný koeficient -0,55 verzus maximálne -0,47 v roku 2006);
- obsahom rastlinám prijateľných živín (pri draslíku sa dosiahol korelačný koeficient 0,66, v roku 2006 len -0,47; pri horčíku -0,66, v roku 2006 len 0,30; pri fosfore 0,70, v roku 2006 len -0,41);
- obsahom C_{ox} (korelačný koeficient -0,48 verzus len -0,10 v roku 2006);

- pH (korelačný koeficient 0,47 verzus -0,07 v roku 2006);
- obsahom vybraných zrnitostných frakcií v pôde (predovšetkým obsah najjemnejších frakcií F4 a F5 v oboch hĺbkach), pričom korelačné koeficienty boli porovnateľné v oboch rokoch.

Žiadne signifikantné korelácie v oboch poľnohospodárskych sezónach neboli zaznamenané len v prípade vzťahu vegetačného indexu NDVI a morfometrických parametrov reliéfu.

Zároveň však výsledky korelačnej analýzy štatisticky potvrdili aj výraznú *sezónnu variabilitu korelácií* (tab. 1 a 2), pričom:

- významné korelácie medzi hodnotami vegetačného indexu NDVI a hodnotami relatívne stabilných pôdnych vlastností (konkrétne obsah najjemnejších zrnitostných frakcií v pôde – F4 a F5 v oboch hĺbkach; v roku 2005 aj obsah C_{ox}) boli zaznamenané predovšetkým začiatkom hlavnej vegetačnej sezóny (NDVI k 2.4.2005 a 21.4.2006, tab.1 a 2);
- významné korelácie medzi hodnotami vegetačného indexu NDVI a hodnotami relatívne pomaly sa meniacich agrochemických vlastností (obsah živín v pôde P, K, Mg a hodnoty pH) boli zaznamenané rovnako predovšetkým začiatkom hlavnej vegetačnej sezóny (NDVI k 2.4.2005 a 21.4.2006, tab.1 a 2);
- významné korelácie medzi hodnotami vegetačného indexu NDVI a vlhkosťou pôdy, či elektrickej vodivosti pôdy) boli zaznamenané koncom vegetačnej sezóny (NDVI k 18.6.2005); tab. 3;
- signifikantné korelácie medzi hodnotami vegetačného indexu NDVI a hodnotami meraného mechanického odporu pôdy boli zaznamenané v prvej polovici vegetačnej sezóny (NDVI k 2.4.2005 a k 20.5.2005); tab. 3.

Vzhľadom na dátum stanovenia dynamických vlastností (pri elektrickej vodivosti pôdy – jesenné mesiace 2004, pri vlhkosti a mechanickom odpore pôdy – október 2005) boli korelácie hodnotené len pre rok 2005 (tab. 3).

Výsledky regresnej analýzy, reprezentované grafmi 1 a 2, poukázali na fakt, že za v určitých podmienok (konkrétne v roku 2005) je možné vegetačný index NDVI považovať za *relatívne významný indikátor* vybraných pôdnych a produkčných vlastností krajiny v rámci modelovej parcely, resp. relatívne významný indikátor ich *priestorovej variability*.

Tab. 3. Štatistické hodnotenie (korelačné koeficienty; r) medzi NDVI a vybranými pôdnymi vlastnosťami na parcele LPIS Žihárec 0001/1 v roku 2005 a 2006

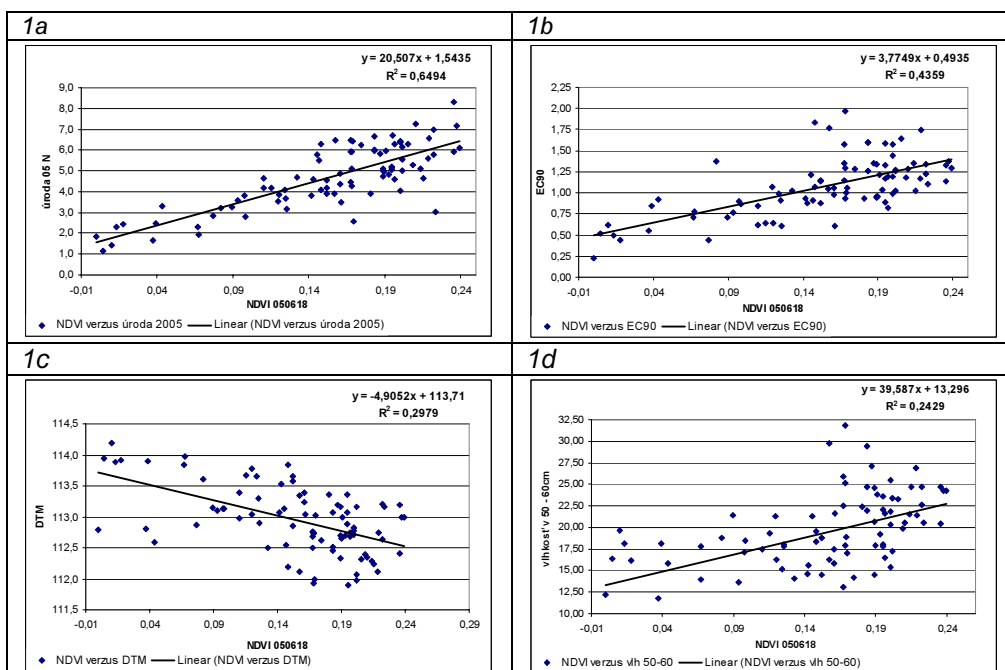
	NDVI 2.4.2005	NDVI 20.5.2005	NDVI 18.6.2005		NDVI 2.4.2005	NDVI 20.5.2005	NDVI 18.6.2005
vlastnosť	r	r	r	vlastnosť	r	r	r
EC90	-0,15	0,03	0,66	H20	-0,29	-0,31	0,09
EC30	-0,22	-0,23	0,55	H25	-0,26	-0,27	0,08
VLH5_15	-0,32	-0,03	0,48	H30	-0,26	-0,26	-0,02
VLH20_30	-0,26	0,01	0,51	H35	-0,43	-0,26	-0,22
VLH35_45	-0,37	-0,03	0,35	H40	-0,41	-0,26	-0,20
VLH50_60	-0,20	0,07	0,49	H45	-0,40	-0,30	-0,27
H5	-0,36	-0,40	-0,02	H50	-0,31	-0,19	0,04
H10	-0,35	-0,28	0,07	H55	-0,30	-0,32	-0,01
H15	-0,37	-0,34	0,02	H60	-0,28	-0,37	-0,03

Pozn.: vzťahy signifikantné na hladine významnosti $p < 0,05$ pri $r > 0,22$.

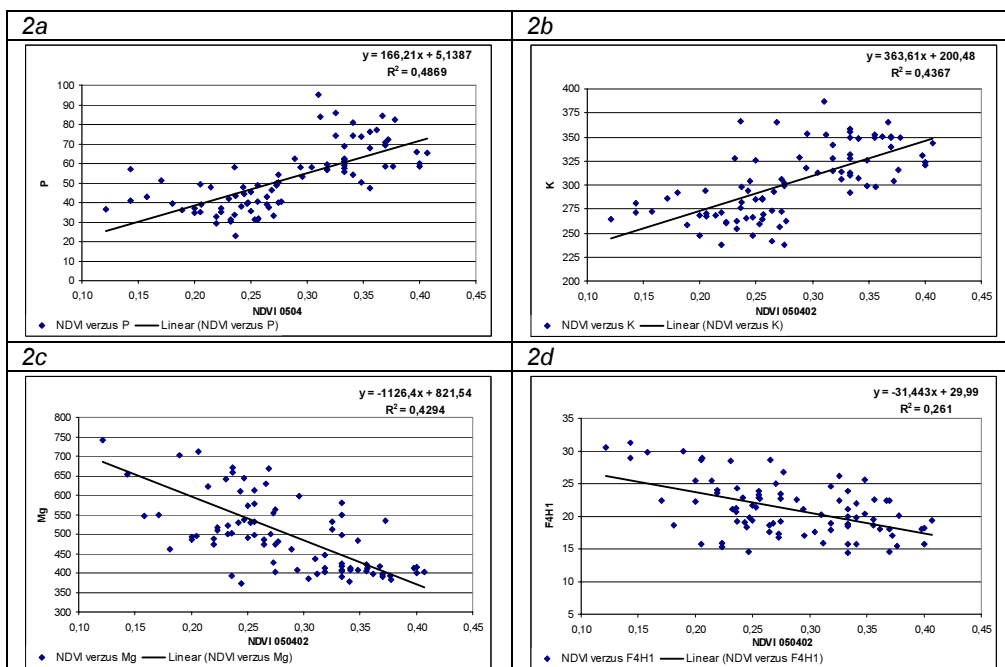
Pri vegetačnom indexe NDVI interpretovanom v termíne k 18.6.2005 boli zaznamenané nasledovné hodnoty koeficientu determinácie (graf 1):

- vo vzťahu k úrode pšenice ozimnej v roku 2005: $R^2 = 0,6494$, t.j. NDVI vysvetľuje 64,94 % priestorovej variability dosiahnutej úrody pšenice ozimnej;

- vo vzťahu k elektrickej vodivosti pôdy v hĺbke 0,90 m: $R^2 = 0,4359$, t.j. NDVI vysvetľuje 43,59 % priestorovej variability elektrickej vodivosti pôdy v hĺbke 0,90m;
- vo vzťahu k vlhkosti pôdy v hĺbke 0,50 až 0,60 m: $R^2 = 0,2429$, t.j. NDVI vysvetľuje 24,29 % priestorovej variability vlhkosti pôdy v hĺbke 0,50 až 0,60 m.



Graf 1. Grafické hodnotenie regresných vzťahov medzi NDVI (k 18.6.2005) a dosiahnutou úrodou pšenice ozimnej (1a), elektrickou vodivosťou pôdy (1b), nadmorskou výškou (1c) a vlhkosťou pôdy stanovenej v hĺbke 50 až 60 cm (1d) na parcele LPIS Žihárec 0001/1 v roku 2005.



Graf 2. Grafické hodnotenie regresných vzťahov medzi NDVI (k 2.4.2005) a obsahom fosforu v pôde (2a), obsahom draslíka v pôde (2b), obsahom horčička (2c) a obsahom zrnitostnej frakcie F4 v hĺbke 35 až 45 cm (2d) na parcele LPIS Žihárec 0001/1 v roku 2005.

Pri vegetačnom indexe NDVI interpretovanom v termíne k 2.4.2005 boli zaznamenané nasledovné hodnoty koeficientu determinácie (graf 2):

- vo vzťahu k obsahu rastline prístupného fosforu v pôde: $R^2 = 0,4869$ t.j. NDVI vysvetľuje 48,69 % priestorovej variability obsahu prístupného fosforu v pôde;
- vo vzťahu k obsahu rastline prístupného draslíka v pôde: $R^2 = 0,4367$, t.j. NDVI vysvetľuje 43,67 % priestorovej variability obsahu prístupného draslíka v pôde;
- vo vzťahu k obsahu rastline prístupného horčíka v pôde: $R^2 = 0,4294$, t.j. NDVI vysvetľuje 42,94 % priestorovej variability obsahu prístupného horčíka v pôde;
- vo vzťahu k obsahu zrnitostnej frakcie F4 v hĺbke 0,05 až 0,15m: $R^2 = 0,261$, t.j. NDVI vysvetľuje 26,1 % priestorovej variability obsahu zrnitostnej frakcie F4 v hĺbke 0,05 až 0,15 m.

Vplyv počasia na mieru závislosti NDVI a vybraných pôdných a produkčných vlastností v poľnohospodárskej sezóne 2004/2005 a 2005/2006

Preukázaná priestorová variabilita vegetačného indexu NDVI a variabilita priestorových a funkčných vzťahov v čase (medziročná a sezónna variabilita) v rámci modelovej parcely LPIS Žihárec 0001/1, úzko súvisí s vývojom pšenice ozimnej počas vegetačnej sezóny. Konkrétny charakter vývoja pšenice ozimnej je však podmienený meteorologickými podmienkami, a to predovšetkým množstvom zrážok, ale aj teplotou vzduchu (spolu stanovujú mieru evapotranspirácie), ktoré do veľkej miery podmieňujú možnosť a mieru uspokojenia nárokov plodiny na prostredie.

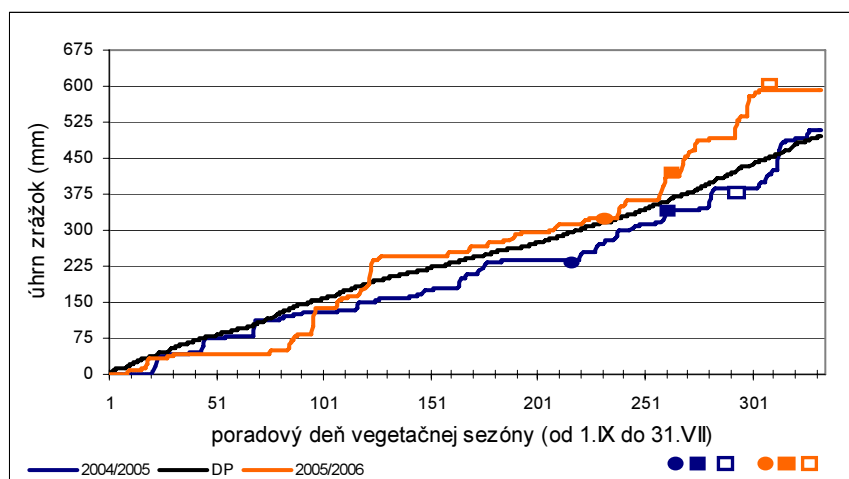
Analýza chodu a kumulatívneho úhrnu zrážok v poľnohospodárskych sezónach 2004/2005 a 2005/2006 (graf 3) poukázali na skutočnosť, že:

- v poľnohospodárskej sezóne 2004/2005, ktorú počas takmer celej vegetačnej sezóny charakterizoval podpriemerný úhrn zrážok v porovnaní s dlhodobým priemerom a teda relatívne sucho, naplno sa prejavila variabilita (diametrálna odlišnosť) parciálnych častí honu spôsobená pôdnymi a s ňou súvisiacimi parametrami, t.j. prejavil sa diferencovaný nedostatok využiteľnej vody v pôde a následne jej nedostupnosť pre rastliny, pričom bola zaznamenaná výrazná priestorová variabilita hodnôt NDVI, výrazná priestorová variabilita dosiahnutej úrody pšenice ozimnej, ako aj významné korelácie a koeficienty determinácie medzi NDVI a vybranými pôdnymi a produkčnými vlastnosťami;
- v poľnohospodárskej sezóne 2005/2006, ktorú od januára 2006 charakterizoval nadpriemerný alebo dlhodobému priemeru podobný kumulatívny úhrn zrážok a relatívny dostatok využiteľnej vody v pôde, bola zaznamenaná priestorová homogenita NDVI a dosiahnutej úrody pšenice ozimnej, pričom stanovené korelácie a koeficienty determinácie medzi NDVI a vybranými pôdnymi a produkčnými vlastnosťami boli výrazne nižšie ako v prípade poľnohospodárskej sezóny 2004/2005.

Na základe výsledkov analýzy charakteru kumulatívneho úhrnu zrážok vo vzťahu k zaznamenatej priestorovej homogenite/heterogenite vegetačného indexu NDVI, priestorovej homogenite/heterogenite dosiahnutej úrody pšenice ozimnej a vo vzťahu k stanovenej miere korelácií a koeficientov determinácie medzi NDVI a vybranými pôdnymi a produkčnými vlastnosťami v danej poľnohospodárskej sezóne, je možné konštatovať, že:

- množstvo a rozdelenie zrážok počas vegetačnej sezóny bolo prvotným faktorom (sprostredkované prostredníctvom vlhkosti pôdy), ktorý podmienil prejav alebo „zotretie“ priestorovej variability vegetačného indexu NDVI a úrody pšenice ozimnej; pričom práve prejav výraznej priestorovej variability vegetačného indexu NDVI bol predpokladom pre dosiahnutie signifikantných korelácií a tým aj predpokladom pre indíciu (prípadne predikciu) priestorovej variability pôdných a produkčných vlastností;
- množstvo a rozdelenie zrážok počas vegetačnej sezóny (a sprostredkované aj vlhkosť pôdy, resp. dostupnosť vody v pôde) stanovili podmienky, kedy a do akej miery je možné považovať vegetačný index NDVI (minimálne pri pšenici ozimnej) za relatívne významný indikátor

vybraných pôdnych a produkčných vlastností krajiny v rámci modelovej parcely, resp. relatívne významný indikátor ich priestorovej variability (relatívne suché či suchšie podmienky).



Graf 3. Grafické hodnotenie vývoja kumulatívneho úhrnu zrážok za vegetačné obdobie (1.IX. až 30.VII.) v sezóne 2004/2005 a 2005/2006 na meteorologickej stanici Žihárec (DP – dlhodobý priemer);
Pozn.: farebné symboly – termíny interpretácie NDVI (ako v tab.1 a).

ZÁVER

Na príklade modelovej parcely LPIS Žihárec 0001/1 s porastom pšenice ozimnej boli v poľnohospodárskych sezónach 2004/2005 a 2005/2006 štatisticky analyzované a hodnotené vzťahy medzi vegetačným indexom NDVI (interpretovaným k viacerým časovým horizontom) a vybranými vlastnosťami krajiny a zároveň boli sledované a analyzované podmienky „prejavu“ vegetačného indexu NDVI ako indikátora priestorovej variability pôdnych a produkčných vlastností krajiny.

Počas dvoch poľnohospodárskych sezón bol zaznamenaný rozdielny prejav priestorovej variability (priestorová homogenita, heterogenita) vegetačného indexu a produkcie pšenice ozimnej, ako aj s nimi súvisiaca medziročná a sezónna variabilita priestorovo – funkčných vzťahov medzi NDVI a pôdnymi a produkčnými vlastnosťami krajiny. Na základe výsledkov analýzy množstva a rozdelenia zrážok počas vegetačnej sezóny a na základe výsledkov regresných analýz boli definované podmienky (relatívne suché suchšie podmienky máj, jún), za ktorých dochádza k prejavu priestorovej variability sledovaných vlastností krajiny, a za ktorých je možné považovať vegetačný index NDVI za relatívne významný indikátor vybraných pôdnych a produkčných vlastností krajiny (minimálne pri pestovaní pšenice ozimnej v rámci modelovej parcely, prípadne v jeho blízkom okolí).

Pri interpretácii výsledkov realizovanej korelačnej a regresnej analýzy je potrebné poukázať na problém významnej medziročnej a najmä sezónnej variability (časovo-priestorovej variability) vegetačného indexu NDVI, ktorá podmieňuje významnú sezónnu a medziročnú variabilitu priestorovo-funkčných vzťahov; problém špecifickosti sledovaných vzťahov v závislosti na konkrétnej plodine; problém nedostatočného množstva údajov (len dva sledované roky); ako aj na problém rozdielnej hustoty vstupných údajov (priestorového rozlíšenia priestorovo reprezentovaných údajov), čo do značnej miery zužuje možnosť sumarizovania a zovšeobecňovania a generalizácie výsledkov týchto analýz (aj na iné, prírodnými podmienkami podobné územia).

K faktorom, ktoré by významne prispeli k možnosti presného definovania podmienok, za ktorých by bolo možné vegetačný index NDVI považovať za relatívne významný indikátor vybraných pôdnych a produkčných vlastností krajiny, a zároveň ktoré by umožnili aplikovať tieto poznatky pre ďalšie územia (t.j. priamo odhadovať pôdne a produkčné vlastnosti v ďalších územiach), patria napr. dlhšia časová rada detailne interpretovaného vegetačného indexu, podrobná, o ďalšie meteorologické prvky rozšírená analýza počasia (teplota a evapotranspirácia) a zároveň

údaje o vlhkosti pôdy, ktoré hovoria o transformácii priameho vstupu zrážok do procesu vývoja konkrétnej plodiny.

V zmysle prínosu pre systém presného poľnohospodárstva, realizované analýzy potvrdili možnosť aplikovania výsledkov interpretácie vegetačného indexu NDVI pre rýchlu, orientačnú indikáciu detailnej priestorovej variability pôdných vlastností, či pre indikáciu aktuálneho stavu porastu vzhľadom na očakávanú produkciu plodiny v konkrétnej poľnohospodárskej sezóne, minimálne pri pestovaní pšenici ozimnej.

Zároveň realizované analýzy potvrdili fakt, že vegetačný index NDVI interpretovaný k rôznym časovým horizontom je možné pokladať za plodinou sprostredkovaný odraz procesov a s nimi súvisiacich priestorovo funkčných vzťahov v systéme PRAT (pôda-rastlina-atmosféra), a jeho správna interpretácia, podporená znalosťami o fungovaní krajiny, predstavuje potenciálne východisko pre tvorbu zón (areálov) s podobnými produkčnými parametrami, prípadne návrh konkrétnych priestorovo variabilných technológií presného poľnohospodárstva, či zónový manažment. Výsledky realizovaných analýz sú zároveň prvým predpokladom k identifikácii detailného spôsobu extrapolácie získaných znalostí v priestore (napr. na ploche obhospodarovanej konkrétnym poľnohospodárskym subjektom).

LITERATÚRA

- BEHRENS, T. 2000. DEMAT – DEM Analysis Tool [online]. ESRI, © 1995-2008 [cit. 2008-09-18]. Dostupné na internete: <http://arcscripsts.esri.com/details.asp?dbid=10222>
- BLACKMORE, B. S., LARSCH, G. 1997. *Strategies for managing variability*. In: Stafford, J. V. (ed.) Precision Farming 1997. Proceedings of the 1st European Conference on Precision Agriculture, Oxford, September 8-10 1997 SCI. p. 851-859
- HALAS, J., NOVÁKOVÁ, M., SCHOLTZ, P. 2008. Účinnosť systému presného poľnohospodárstva. In *Naše pole*, roč. 12, 2008, č. 8, s. 32-33.
- HAWTH'S ANALYSIS TOOL FOR ARCGIS [online]. [cit. 2008-10-30]. Dostupné na internete: < <http://www.spatialecology.com/htools/tooldesc.php> >
- JENSEN, J.R. 2007. Remote Sensing of the Environment. An Earth resource Perspective. Pearson Prentice Hall, USA, 592 p. ISBN 0-13-188950-8
- JONHSTON, K., HOEF, J. M.V., KRIVORUCHKO, LUCAS, N. 2001. Using ArcGIS™ Geostatistical Analyst. ESRI Press, Redlands, California, USA, 300 p.
- MCCOY, J., JOHNSTON, K. 2001. Using ArcGis™ Spatial Analyst. ESRI Press, Redlands, California, 232 p. ISBN 1-58948-005-8
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1997. Precision Agriculture in the 21st Century: Geospatial and Information Technologies in Crop Management. National Academy Press, Washington D.C., USA, 149 p.
- ROUSE, J.W., HAAS, R.H., SCHELL, J.A., DEERING, D.W. 1974. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ETRIS. In: Proceedings, Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, Greenbelt: NASA SP-351, p. 3010-3017
- ROYER, A., GENOVESE, G. 2004. Methodology of the MARS Crop Yield Forecasting System. Vol. 3 Remote sensing information. data processing and analysis. Office for Official Publications of the EU, Luxembourg, 82 p.
- SCHMIDT, F. 2002. TOPOCROP / Topocrop Terrain Indices [online]. ESRI, © 1995-2008 [cit. 2008-09-18]. Dostupné na internete: < <http://arcscripsts.esri.com/details.asp?dbid=12527> >
- SCHOLTZ, P., 2005. Crop yield prediction based on satellite images utilization. Vedecké práce VÚPOP Bratislava 27, 79-86
- SCHOLTZ, P., NOVÁKOVÁ, M. 2004. Crop Yield Prediction in Year 2003. Vedecké práce VÚPOP Bratislava 26, 193-199.
- SCHOLTZ, P., NOVÁKOVÁ, M., HALÁS, J., SVIČEK, M. 2006. Soil Science and Conservation Research Institute (SSCRI) activities in the field of precision farming. Proceedings, No. 28, SSCRI Bratislava, p. 71-80.

- SCHOLTZ, P., NOVÁKOVÁ, M., HALÁS, J., SVIČEK, M. 2007. Soil Science and Conservation Research Institute (SSCRI) activities in the field of precision farming in condition of Slovak Republic. In Fountas, S., Aggelopoulou, A., Gemtos, F., Blackmore, S. (eds.) Poster Paper Proceedings of 6th Conference of Precision farming – ECPA, Greece, CD
- SVIČEK, M., NOVÁKOVÁ, M. 2006. Detailné geoinformácie ako predpoklad úspešného uplatnenia postupov precízneho poľnohospodárstva. In: Nozdrovický, L.: Rozpracovanie systému presného hospodárenia na pôde v podmienkach Slovenskej republiky, Zborník SAPV 51, Nitra 6.06.2006, SAPV Nitra, s. 36-41.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č.APVV-0242-06.

DRUŽICOVÉ ÚDAJE A ICH VYUŽITIE

Hana Stanková,¹ Milan Piovarčí²

¹ Prírodovedecká fakulta UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

² Data Image s.r.o., Suchá 39, 831 01 Bratislava, e-mail: dataimage@dataimage.sk

Abstrakt: Družicové údaje a ich využitie.

V súčasnosti stúpajú požiadavky na aktuálne a presné geografické údaje, pričom sa vyžaduje stále detailnejšie mapovanie, mapovanie rozsiahlych území alebo mapovanie toho istého územia v krátkych časových intervaloch. Na tieto účely sú najvhodnejším zdrojom údajov letecké a družicové snímky, ktoré umožňujú zachytiť stav krajiny v určitom časovom okamihu. Výhodou družicových snímkov oproti leteckým je možnosť snímania vo viacerých spektrálnych pásmach naraz. Vývoj pokročil natoľko, že v súčasnosti družicové snímky dosahujú rozlíšenie (detailnosť) blízke leteckým snímkam. Preto majú široké možnosti uplatnenia v mnohých oblastiach od mapovania a kartografie cez poľnohospodárstvo, lesníctvo, územné plánovanie až po monitorovanie stavu životného prostredia a manažment katastrofických udalostí. Predkladaný príspevok sa zaoberá družicovými údajmi vo všeobecnosti, spôsobmi ich spracovania a využitia, ako aj dostupnosťou na území Slovenska.

Kľúčové slová: družicové snímky, farebné syntézy, využitie, distribúcia

Abstract: Satellite data and their utilization.

In present, requirements for actual and accurate geographical data increase, especially with regards on more detail mapping, mapping of large areas or mapping the same area in short time periods. For these purposes, aerial and satellite images are most suitable, which capture the state of the landscape in specific moment. In compare with aerial images, satellite images can be taken in more spectral bands at once. Due to ongoing develop, nowadays satellite images reach the resolution (level of detail) similar to aerial images. Therefore these data have the large possibilities of utilization in many fields from mapping and cartography, agriculture, forestry and regional planning through environmental monitoring and disaster management. This paper introduces the satellite data in common, their processing and utilization, as well as their accessibility and distribution in Slovakia.

Keywords: satellite images, color composite, utilization, distribution

ÚVOD

Družicové snímky sú v súčasnosti jedným z najvýznamnejších zdrojov údajov o krajine a ich význam stále narastá. Poskytujú aktuálne a bohaté informácie o území vzťahujúce sa k určitému časovému okamihu. S využitím archívnych snímkov sa dajú zisťovať aj zmeny krajiny a robiť analýzy jej vývoja. Snímky v rôznych častiach elektromagnetického spektra umožňujú odvodiť kvalitatívne údaje o rôznych vlastnostiach krajiny. Družicové snímky zároveň patria k najdôležitejším zdrojom vstupných údajov pre geografické informačné systémy (GIS).

VZNIK DRUŽICOVÝCH SNÍMOK

Snímkovanie zemského povrchu z družíc je jednou z metód *dialkoveho prieskumu Zeme (DPZ)*. Táto vedná disciplína sa začala rozvíjať zhruba v polovici 19. storočia, krátko po vynáleze fotoaparátu. Prvé snímky zemského povrchu z výšky sa robili z drakov a balónov. Prvou snímkou z výšky na Slovensku bola snímka Bratislavy z balóna v roku 1905. Začiatkom 20. storočia sa začali na snímkovanie používať lietadlá, ktoré sa osvedčili najmä v prvej svetovej vojne na prieskum územia. Po vojne letecké snímkovanie prešlo aj do civilného sektora, pričom slúžilo najmä na mapovanie krajiny.

Snímkovanie z družíc sa takisto vyvinulo najprv za účelom špionáže pre armádu. Prvou družicou určenou na komerčné snímkovanie bola družica Landsat vypustená v roku 1972, ku ktorej sa v roku 1986 pridala družica SPOT a neskôr aj ďalšie družice.

Výhodou družicových snímkov oproti leteckým je možnosť snímania vo viacerých pásmach spektra elektromagnetického žiarenia (EMŽ) naraz. Umožňujú to digitálne snímače, ktoré sú citlivé na žiarenie v určitom rozsahu vlnových dĺžok. V DPZ sa využíva okrem viditeľného aj ultrafialové (UV) žiarenie,

mikrovlnné žiarenie a infračervené (IČ) žiarenie od blízkeho cez stredné infračervené až po termálne. Keď sa sníma naraz celé viditeľné pásmo, vzniká *panchromatická snímka*, ktorá je čiernobiela. Pri snímaní jednotlivých pásiem vo viditeľnej alebo infračervenej časti spektra vznikajú *multispektrálne snímky (scény)*. Obyčajne sa sníma v troch pásmach viditeľného žiarenia (modrý, zelený a červený kanál) a v blízkom infračervenom pásme.

Infračervené žiarenie nie je viditeľné ľudským okom, ale infračervené filmy alebo digitálne snímače ho môžu zaznamenať. Umožňuje nám zistiť skutočnosti, ktoré vo viditeľnom pásme EMŽ nie sú zjavné. Napríklad blízke infračervené žiarenie je najviac odrážané živou vegetáciou (čo súvisí s množstvom chlorofylu), takže v tomto pásme sa dajú rozlíšiť zdravé stromy od chorých alebo poškodených mrazom, ktoré vo viditeľnom pásme EMŽ vyzerajú rovnako.

Mikrovlnné žiarenie využívajú *radary* (napr. ERS, Radarsat, Envisat). Radarové snímače sú aktívne, t.j. na rozdiel od ostatných snímačov neprijímajú EMŽ vysielané zo Slnka a odrazené od zemského povrchu, ale majú vlastný zdroj žiarenia, ktoré vysielajú a následne prijímajú. Radarové snímky sú čiernobiele a plasticky znázorňujú zemský povrch. Ich výhodou je, že sa dajú snímať aj v noci a za každého počasia (aj pri zamračenej oblohe).

Na podobnom princípe ako radary fungujú aj *lidary*, ktoré vysielajú koherentné laserové lúče. Táto metóda sa nazýva aj *laserové skenovanie* a využíva sa na zber podrobných údajov o priebehu terénu a povrchu vegetácie. Z nazbieraného mračna bodov sa následne vytvárajú detailné *digitálne modely terénu (DTM)*.

Špeciálny prípad predstavujú *hyperspektrálne snímače* (napr. Hyperion), ktoré snímajú veľký počet úzkych a spojitých pásiem EMŽ (až niekoľko stoviek).

Tab.1. Základné charakteristiky vybraných družicových systémov

Družica	rozlíšenie [m]		počet kanálov	veľkosť scény [km]
	PAN	MS		
Quickbird	0,6	2,4	4	šírka 16,5
Kompsat	1	4	4	15 x 15
Formosat	2	8	4	24 x 24
SPOT	2,5 - 5	10 - 20	4	60 x 60
Landsat	15	30	7	180 x 172
IRS	5,8	23	4	70 x 70, 140 x 140
ASTER	-	15 - 90	14	60 x 60
IRS-AWiFS	-	56 - 70	4	740 x 740
MODIS	-	250 - 1000	36	2330 x 2330

Rozsah EMŽ, na ktoré je snímač citlivý, sa nazýva *spektrálne rozlíšenie*. Okrem spektrálneho rozlíšenia snímače charakterizuje aj priestorové rozlíšenie. *Priestorové rozlíšenie* udáva, aké územie na zemskom povrchu zachytáva 1 obrazový prvok (pixel) snímky. Medzi snímky s nízkym rozlíšením patria napríklad snímky z meteorologických družíc (okolo 1 km). Stredné rozlíšenie (10 až 100 m) reprezentujú snímky z družíc Landsat, Aster, IRS, Alos. S vysokým rozlíšením (pod 10m) snímajú družice SPOT, Quickbird, Worldview, Ikonos, Kompsat.

Vývoj pokročil natoľko, že v súčasnosti družicové snímky dosahujú priestorové rozlíšenie blízke leteckým snímkam. Komerčnou družicou s najvyšším priestorovým rozlíšením je momentálne WorldView-1 (50 cm), ktorá však poskytuje len čiernobiele (panchromatické) snímky. Z multispektrálnych družíc je najpodrobnejšia družica Quickbird s rozlíšením 60 cm v panchromatickom a 2,4 m v multispektrálnom móde.

Ďalšou charakteristikou družicových snímok je bitová hĺbka alebo rádiometrické rozlíšenie, ktoré predstavuje rozsah hodnôt (stupňov šedi) každého pixla v obraze. Väčšina družicových snímok nadobúda hodnoty pixlov od 0 do 255 (8-bitové údaje), prípadne 0 až 2047 (11-bitové údaje). Hyperspektrálne a radarové snímky môžu mať rozlíšenie až 16 bitov na 1 pixel. Prehľad základných parametrov vybraných družíc uvádza tab.1.

SPRACOVANIE DRUŽICOVÝCH SNÍMOK

Družicové snímky sa dodávajú spracované na rôznej úrovni - od základnej, ktorá umožňuje používateľovi spracovať snímku na základe svojich expertných znalostí, až po ortogonalizovanú snímku,

ktorá je polohovo priradená v kartografickom súradnicovom systéme. Družicové ani letecké snímky po nasnímaní neobsahujú exaktné údaje o polohe. Aby bolo možné zo snímok získať kartografické súradnice bodov a objektov na nich zobrazených, je nutné snímky polohovo priradiť (transformovať) do príslušného súradnicového systému. Na Slovensku je najpoužívanejší súradnicový systém S-JTSK (Křovák), v ktorom sú vyhotovené Základné mapy SR, a súradnicový systém S-42 (Gauss-Krüger) používaný pri vojenských topografických mapách.

Transformácia družicových snímok do príslušného súradnicového systému sa vykonáva pomocou tzv. vlícovacích bodov, ktoré sú na snímke jasne identifikovateľné a ich súradnice v danom kartografickom systéme sú známe. Polohovo priradená družicová snímka sa dá následne použiť na mapovanie (interpretáciu).

Pred samotnou interpretáciou však družicové snímky často ešte prechádzajú prípravným spracovaním. K najbežnejším metódam patrí tvorba *farebných syntéz a vizualizácia* obrazu spolu s úpravou jasú a kontrastu. Multispektrálne scény obsahujú spektrálne kanály, ktoré sú monochromatické. Farebný obraz sa z nich vytvára na princípe aditívneho (sčítacieho) spôsobu miešania farieb R,G,B. Z viacerých spektrálnych kanálov sa vyberú tri, pričom jeden sa zvolí ako červený (Red), ďalší ako zelený (Green) a posledný ako modrý (Blue). Výsledkom je farebná syntéza, pričom podanie farieb závisí od výberu kanálov. V DPZ je zaužívaná napr. kombinácia nazývaná *syntéza v nepravých farbách (False color)*, na ktorej je vegetácia znázornená červenou a abiotické areály (betónové cesty, budovy, holá pôda) azúrovou farbou. Táto kombinácia je vhodná napr. na rozlíšenie povrchov s vegetáciou od povrchov bez vegetácie. Druhou zaužívanou kombináciou je *syntéza v kvázi pravých farbách (True color)*, ktorá je podobná skutočným farbám, tak ako by boli zachytené napr. na farebnom filme.

Multispektrálne scény s nižším rozlíšením sa často spájajú s panchromatickými snímkami s vyšším rozlíšením pomocou metódy nazývanej *pan-sharpening*. Výsledkom je farebná snímka, ktorá v sebe spája vysoké rozlíšenie čiernobielej snímky a informačné bohatstvo farebnej syntézy. Za účelom lepšej interpretovateľnosti vegetácie sa z multispektrálnych scén vytvárajú tzv. *vegetačné indexy*. Zhotovujú sa výpočtom z vybraných spektrálnych kanálov, pričom sa zvýrazia len určité sledované charakteristiky (napr. vlhkosť vegetácie, zdravotný stav vegetácie, množstvo biomasy). K ďalším metódam predspracovania snímok patrí *filtrácia*, ktorá slúži na potlačenie alebo naopak zvýraznenie určitých javov a objektov na snímke, *vyhotovenie výrezov* zo snímok podľa záujmového územia, *mozaikovanie* viacerých snímok do jedného digitálneho obrazu a pod.

Interpretácia družicových a leteckých snímok slúži na získavanie využiteľných informácií z obrazových údajov. Najbežnejšou metódou je vizuálna interpretácia, ktorú vykonáva človek (interpretátor) na základe svojich znalostí a skúseností, prípadne rôznych pomocných materiálov ako sú interpretačné kľúče, mapy, fotografie, texty, iné družicové a letecké snímky alebo informácie získané terénnym prieskumom. Výsledkom sú interpretované javy a objekty na snímke. V súčasnosti sa vizuálna interpretácia realizuje takmer výlučne v počítačovom prostredí, napr. v rôznych digitalizačných programoch alebo GIS softvéroch.

Zároveň so vznikom prvých družicových snímok sa začali rozvíjať aj metódy automatizovanej interpretácie, nazývanej aj *obrazová klasifikácia*. Táto metóda funguje na princípe automatizovaného zaraďovania pixlov do tried na základe ich numerických hodnôt. Výhodou je presnosť a rýchlosť, nevýhodou je náročnosť na softvérové vybavenie a schopnosti interpretátora, ako aj obmedzenosť automatizovaných metód. Hoci metód obrazovej klasifikácie existuje veľké množstvo, dosiaľ sa nepodarilo v úplnosti nahradiť interpretačné schopnosti ľudského mozgu, preto sa pri operačných programoch stále najviac využíva vizuálna interpretácia.

VYUŽITIE DRUŽICOVÝCH SNÍMOK

Družicové a letecké snímky zachytávajú stav krajiny (zemského povrchu) v určitom časovom okamihu, preto sú výborným zdrojom údajov pre kartografiu, poľnohospodárstvo, lesníctvo, geológiu, hodnotenie zmien a vývoja krajiny, územné plánovanie, manažment katastrálnych udalostí, posudzovanie vplyvov na životné prostredie a ďalšie aplikácie. Mapovanie krajiny pomocou družicových a leteckých snímok sa v súčasnosti využíva čoraz viac, pretože je časovo aj finančne menej náročné než geodetické meranie v teréne a pre väčšinu aplikácií dosahuje dostatočnú presnosť. Snímky zemského povrchu z výšky zároveň poskytujú nadhľad, ktorý pri meraní v teréne nie je možný.

Z aplikácií údajov diaľkového prieskumu Zeme (DPZ) treba spomenúť najmä mapovanie *krajinnej pokrývky (land cover)* a *využitia krajiny (land use)*. Družicové a letecké snímky zároveň slúžia aj ako podkladové údaje pre identifikáciu a hodnotenie zmien krajiny v rôznych časových intervaloch.

Údaje DPZ sú bohatým zdrojom informácií o stave životného prostredia, najmä prostredníctvom snímok v infračervenom pásme spektra, ktoré zachytávajú zdravotný stav vegetácie. Pomocou snímok vo viditeľnom spektre sa dajú určovať povrchové zmeny v krajine ako je ťažba, výstavba, zakladanie skládok, erózia a pod. Nezastupiteľnú úlohu majú tieto údaje pri živelných pohromách ako sú záplavy, zemetrasenia, požiare, víchrice, pády lavín a podobne, kedy sú postihnuté územia často nedostupné. Pomocou leteckých a družicových snímok sa dá rýchlo a jednoducho určiť rozsah poškodenia a možno podľa nich riadiť aj záchranné práce.

Medzi ďalšie oblasti využitia družicových a leteckých snímok patrí poľnohospodárstvo (odhad úrod, určovanie plodín, zisťovanie erózie, mapovanie poľnohospodárskych parciel), lesníctvo (tvorba lesníckych máp, určovanie druhovej a vekovej skladby lesa, zápoja korún a množstva drevnej hmoty, kontrola ťažby dreva, zisťovanie poškodenia lesa požiarimi, veternými smršťami, emisiami a škodcami), baníctvo (mapovanie lomov, povrchových baní a banských hald, určovanie geologických záťaží životného prostredia), odpadové hospodárstvo (mapovanie ložísk odpadov), územné plánovanie (aktualizácia mapových podkladov pre územné plány miest a obcí, plánovanie diaľnic a iných inžinierskych stavieb, vizualizácie v urbanizme a architektúre).

V neposlednom rade letecké a družicové snímky slúžia aj ako podklad pre tvorbu kartografických diel ako sú ortofotomapy alebo družicové mapy, ktoré dopĺňajú alebo nahrádzajú tradičné topografické a turistické mapy. Tieto diela spájajú v sebe informačné bohatstvo leteckých a družicových snímok a prehľadnosť bežných máp reprezentovanú polohopisnými a popisnými informáciami.

DISTRIBÚCIA DRUŽICOVÝCH ÚDAJOV

Družicové údaje sú vo svete distribuované viacerými spoločnosťami. Operátori družicových systémov predávajú údaje cez distribútorov. Títo si vytvárajú sieť lokálnych predajcov, ktorí okrem samotných údajov poskytujú často aj pridanú hodnotu na rôznej úrovni – od základného technického spracovania až po prípadnú interpretáciu družicových údajov. K významným distribútorom patria napr. spoločnosti Eurimage a Spotimage. *Eurimage* je distribútorom družicových údajov Quickbird, Worldview, Landsat, Envisat, ERS, IRS, Radarsat, Aster, Alos. Spoločnosť *Spotimage* distribuuje družicové snímky SPOT, Formosat, Kompsat, Ikonos a iné. Distribúciu družicových snímok prostredníctvom týchto spoločností na Slovensku zabezpečuje firma *Data Image s.r.o.* so sídlom v Bratislave. Zabezpečujeme však aj iné dostupné družicové údaje z rôznych svetových archívov.

V súčasnosti však nie je užívateľ odkázaný len na nasnímané archívne družicové údaje, pretože mnohé družicové systémy umožňujú programovanie snímania priamo na základe jeho požiadaviek. Užívateľ si zvolí priestorové a časové ohraničenie záujmového územia a družica sníma scény podľa jeho špecifikácie. Rozmery snímaného územia môžu byť určené veľkosťou jednej alebo viacerých scén danej družice, ale môže to byť aj polygón zadaný užívateľom, ktorý takto dostane len požadované údaje.

Okrem objednávanía a dodávania družicových údajov ponúkame aj možnosť ich spracovania, interpretácie a tvorby máp. Jednou z pripravovaných máp je aj *Družicová mapa Slovenska*, vhodná pre tlač a interpretáciu v mierke 1:100 000 a menšej. Družicová mapa vznikla spojením viacerých družicových scén Landsat s veľkosťou 185 x 170 km a rozlíšením 30 m v multispektrálnom a 15 m v panchromatickom móde. Multispektrálna scéna Landsat sa skladá zo 7 spektrálnych kanálov, pričom 3 sú vo viditeľnom pásme a 4 v infračervenom pásme spektra. Z jednotlivých kanálov bola vytvorená farebná syntéza v RGB kombinácii kanálov 4,5,3 tak, aby bolo zobrazených čo najviac detailov. Vzhľadom na charakter údajov sa dajú vytvoriť aj iné spektrálne kombinácie, napr. kombinácia v prirodzených farbách, ktorá najviac vystihuje skutočnú podobu zemského povrchu a je kartograficky zrozumiteľná pre čitateľa.

Družicová mapa SR je určená pre potreby samosprávy a ďalších inštitúcií operujúcich na Slovensku ako mapový podklad pre plánovanie ich aktivít. Je dobre využiteľná aj pre potreby cestovného ruchu na území kraja, a môže slúžiť aj miestnym obyvateľom pre orientáciu. Z družicovej mapy je možné vyhotoviť výrezy územia podľa požiadaviek používateľa (napr. územie kraja, VÚC, okresu, katastra, mapového listu, chráneného územia alebo ľubovoľnej inej oblasti).

ZÁVER

V súčasnosti stúpajú požiadavky na aktuálne a presné geografické údaje, pričom sa vyžaduje stále detailnejšie mapovanie, mapovanie rozsiahlych území alebo mapovanie toho istého územia v krátkych časových intervaloch (napr. pri katastrofách alebo pri odhadoch úrody). Takéto požiadavky sa dajú len ťažko

splniť pomocou tradičných metód mapovania v teréne, ktoré je príliš časovo aj finančne náročné. Dostupné analógové alebo aj digitálne mapy sú často neaktuálne alebo poskytujú príliš málo relevantných informácií.

Vynikajúcim zdrojom údajov sú v takýchto prípadoch letecké a najmä družicové snímky, ktoré zachytávajú reálny stav územia v určitom časovom okamihu. Možnosť programovania družíc umožňuje snímať len špecifické územie a užívateľ môže mať údaje k dispozícii takmer ihneď (niekoľko dní až hodín) po nasnímaní. Príspevok mapuje rôzne typy družicových údajov, spôsoby ich získavania a spracovania a ponúka námety na ich využitie v rozličných oblastiach.

LITERATÚRA

JENSEN, J.R. 2005. Introductory Digital Image Processing. 3rd ed. Pearson Prentice Hall, 526 p.

LILLESAND, KIEFER, CHIPMAN. 2007. Remote Sensing and Image Interpretation. 6th ed. Wiley, 756 p.

MULTIMISSIION SATELITE DATA. Euroimage [on-line]. c 2008, [cit. 2008-11-14]. Dostupné na internete < www.eurimage.com >

SPOT IMAGE. [on-line]. c 2008, [cit. 2008-11-14]. Dostupné na internete < www.spotimage.com >

ZBORNÍK z vedeckého seminára

Environmentálne aspekty analýzy a hodnotenia krajiny: Identifikácia a stanovenie indikátorov (a indexov) na báze prieskumov krajiny a údajov DPZ

podporený *Agentúrou na podporu vedy a výskumu* na základe zmluvy č. APVV-0242-06 a aktivitou *Komisie Predsedníctva Slovenskej akadémie pôdohospodárskych vied pre ekológiu a krajinné inžinierstvo*.

© Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy Bratislava, 2008

Editori: Mgr. Martina Nováková, PhD., Ing. Michal Sviček, CSc.

Oponent: prof. Ing. Jozef Vilček, PhD.

Grafická úprava: Ing. Karol Végh

Vydal: Výskumný ústav pôdoznanectva a ochranu pôdy
Gagarinova 10, Bratislava

Tlač: Edičné stredisko
Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy
Gagarinova 10, Bratislava

Počet strán: 134

ISBN 978-80-89128-50-1

Texty neprešli jazykovou úpravou.